



La energía nuclear en el siglo XXI

Emilio Minguez Torres
Catedrático de Tecnología Nuclear
Vicerrector de Gestión Académica y Profesorado
UPM



Contenido

- **La energía y el desarrollo sostenible**
- **La energía nuclear en el momento actual**
- **¿Qué puede aportar la energía nuclear en el siglo XXI?.**



La energía y el desarrollo sostenible



Desarrollo sostenible

- ***“Aquél que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus necesidades”.*** (Informe Brudtland)

Pilares del desarrollo sostenible

Económico

Social

Medioambiental

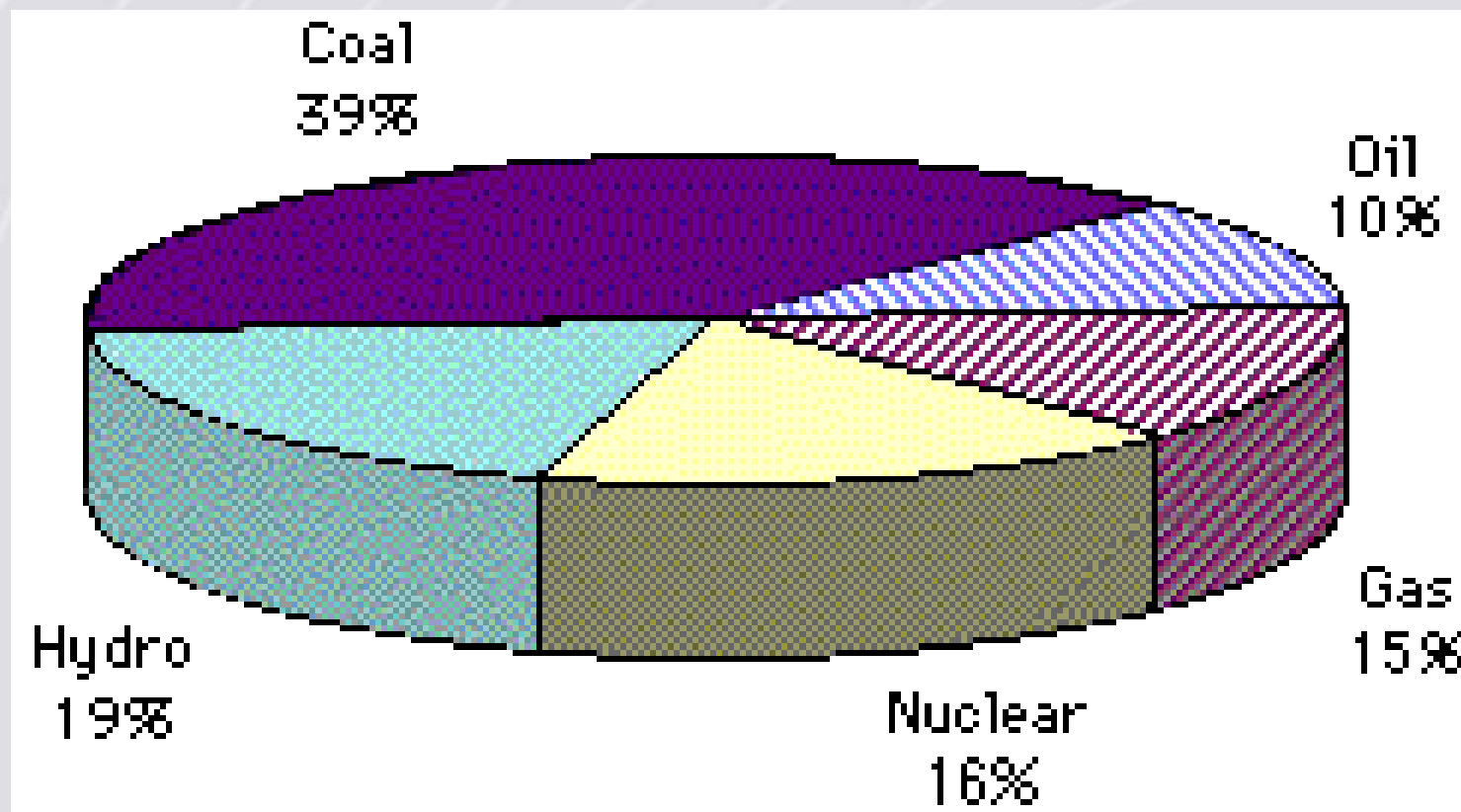


Consideraciones generales

- Existen aún 2.000 M personas sin acceso a servicios básicos de energía.
- En este siglo la ENERGIA y el AGUA son elementos esenciales para la vida del ser humano.
- El petróleo, el gas y el carbón producen las 2/3 partes de la energía eléctrica mundial.
- Los países de la OCDE importarán en el año 2030 más del 85% del petróleo y más del 40% del gas.
- Reservas de petróleo y gas: 70% en países árabes
- Reservas de U en países OCDE el 60%



Producción eléctrica en el mundo en 2004





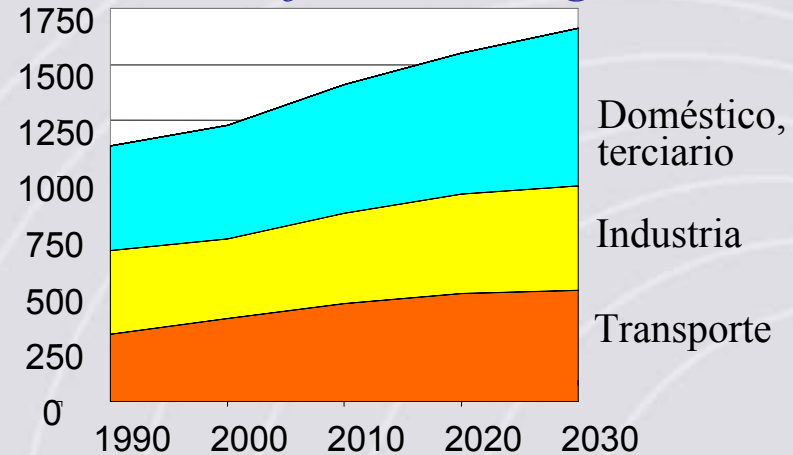
DATOS ENERGÉTICOS UE

*Un crecimiento energético
(+ 1-2 % al año)*

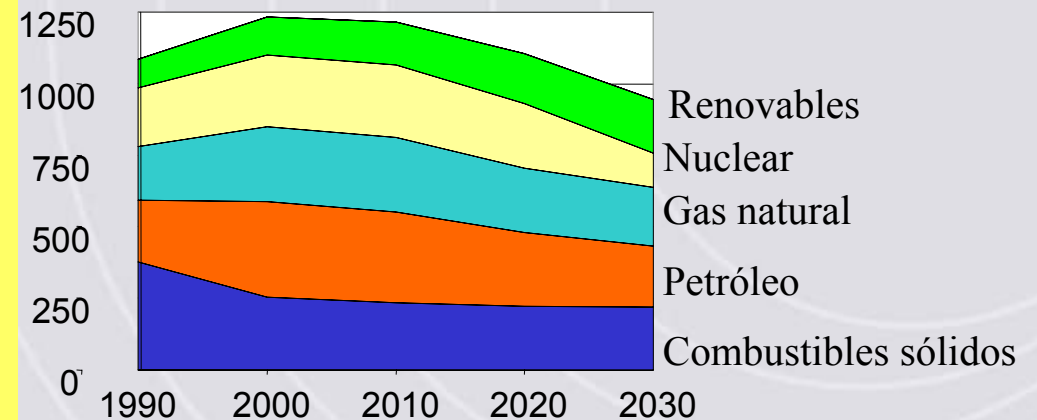
Escasez de recursos energéticos

CARBÓN: coste de producción 4 a 5 veces el precio mundial
PETRÓLEO: coste de producción 2 a 7 veces el precio mundial, 8 años de reserva
GAS NATURAL: 2% de las reservas del planeta, 20 años de reserva
URANIO: 2% de las reservas mundiales, 40 años de reserva
ENERGÍAS RENOVABLES: abundancia virtual

Europa-30: consumo final de energía (en mtep)

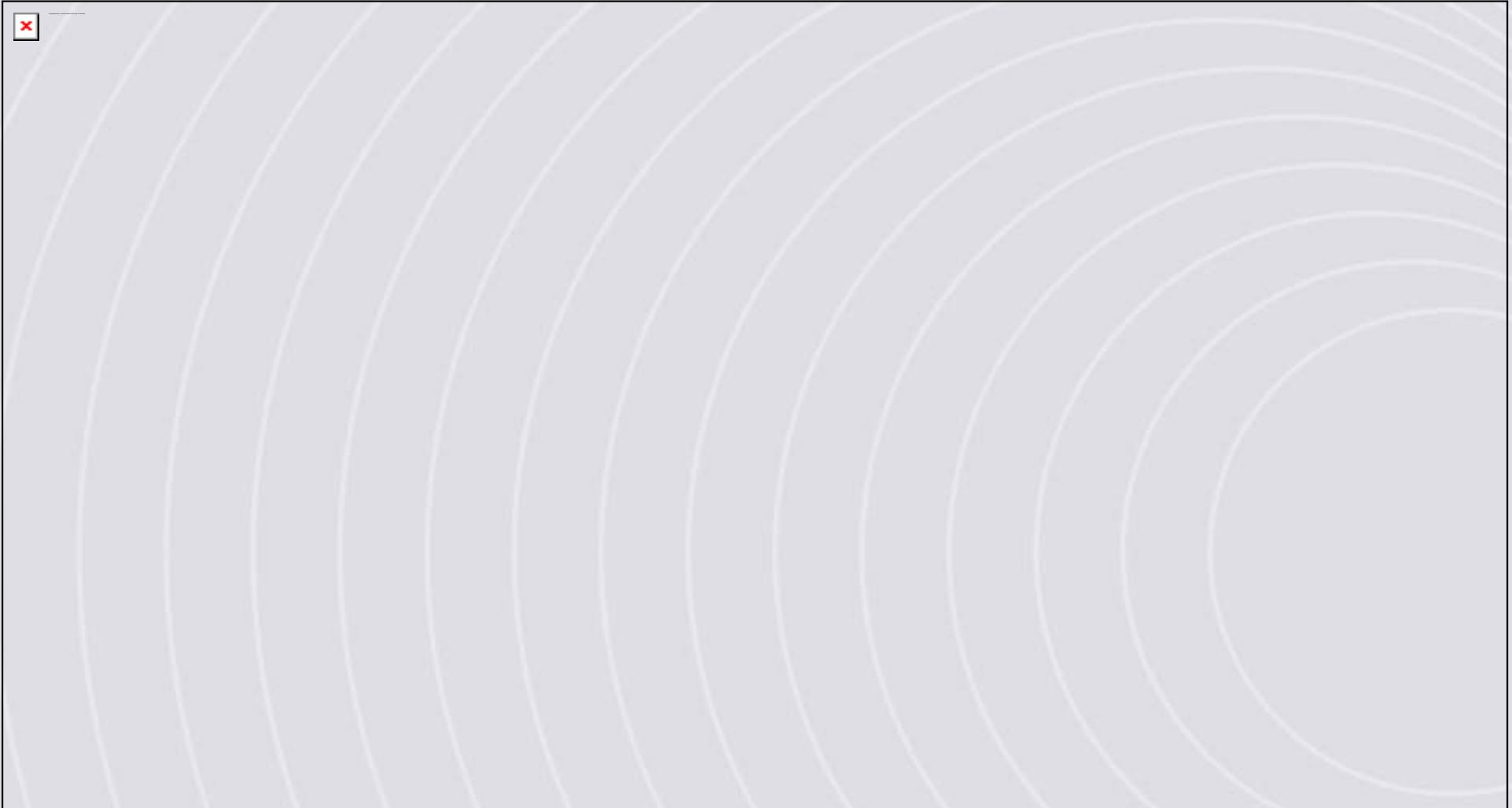


Europa-30: producción de energía, hipótesis de referencia (en mtep)





Población y consumo de energía hasta el año 2050



4800 GWe nuevos para 2030, para abastecer demanda y sustituir instalaciones



Objetivos energéticos siglo XXI

World Energy Congress – Sydney 2004

IAEA Intern. Conf. On Nuclear Power for the 21st Century 2005

- **El suministro de energía debe hacerse de forma sostenible y diverso.**
- **El uso de la energía deberá ser mas eficiente.**
- **Promover energías que produzcan el menor impacto medioambiental.**
- **Seguridad de abastecimiento.**
- **Competitividad.**



Cobertura de la demanda

- El empleo de carbón conlleva al efecto invernadero
- Las reservas de gas y petróleo son limitadas
- Los precios del gas y petróleo introducen fuertes incertidumbres en los precios de la energía
- Los programas de ahorro de energía y de energías renovables no serán suficientes para afrontar la demanda eléctrica.
- Los nuevos conceptos innovadores de reactores nucleares deben tenerse en cuenta.

La demanda se atenderá mediante una diversidad, entre la que debe considerarse la ENERGIA NUCLEAR



La energía nuclear en el momento actual



Situación de CCNN en 2005

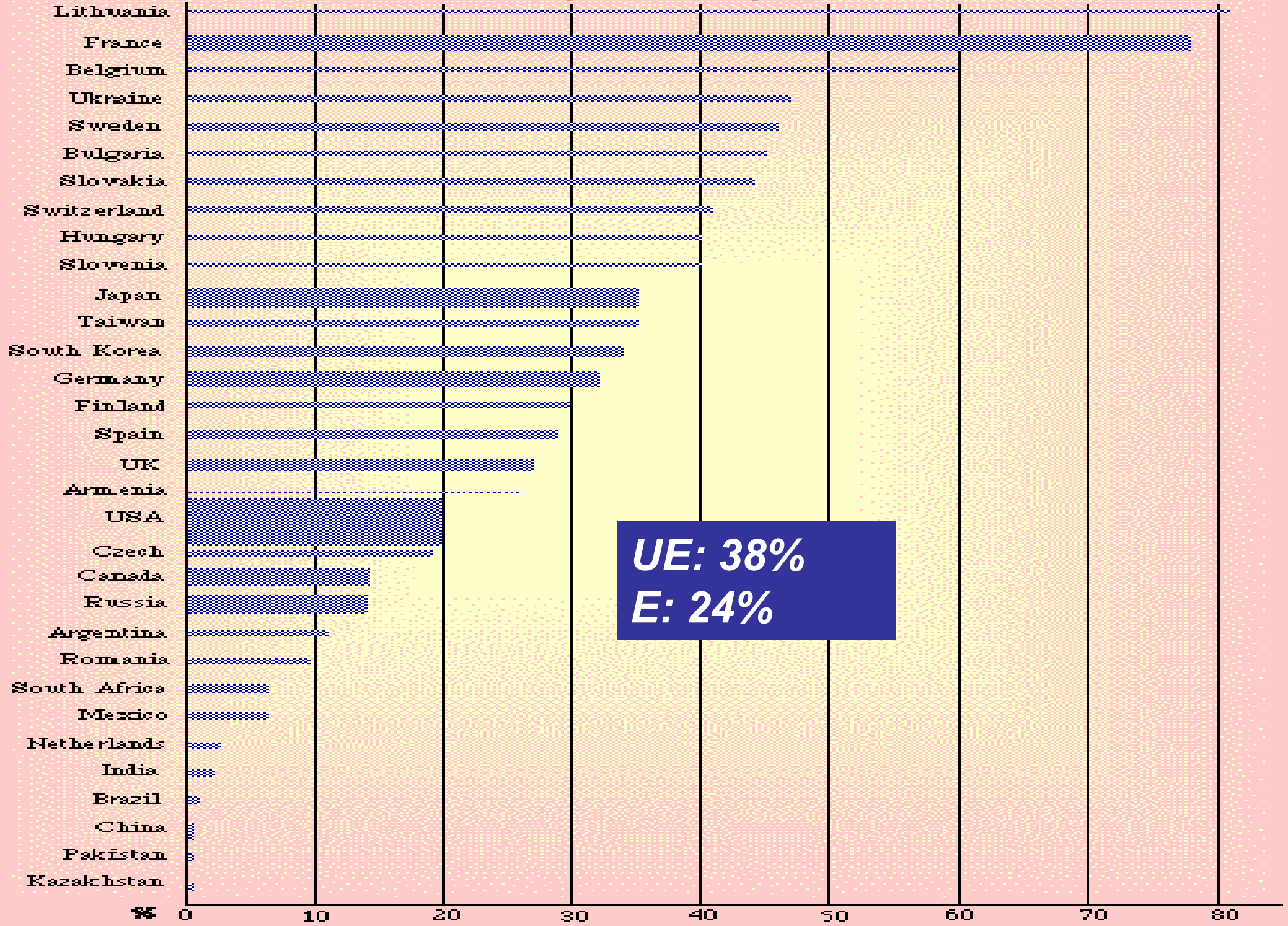
- **443 reactores en operación**
- **370 GWe**
- **8 nuevos reactores (en zona del Pacífico)**
- **24 reactores en construcción**
- **41 reactores en proyecto**
- **En Europa 1 en construcción (Finlandia) y varios en proyecto (1 en Francia)**



Hitos

- **Aumento de la potencia de reactores en funcionamiento mediante soluciones tecnológicas.**
- **El factor de capacidad ha aumentado notablemente en todos los países .**
- **El alargamiento de la vida de las centrales.**
- **Seguridad en el abastecimiento**
- **Mínimo impacto medioambiental**
- **Competitividad en mercados desregulados**
- **Reservas abundantes: 10 Mt U**

NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION % (World 16%)



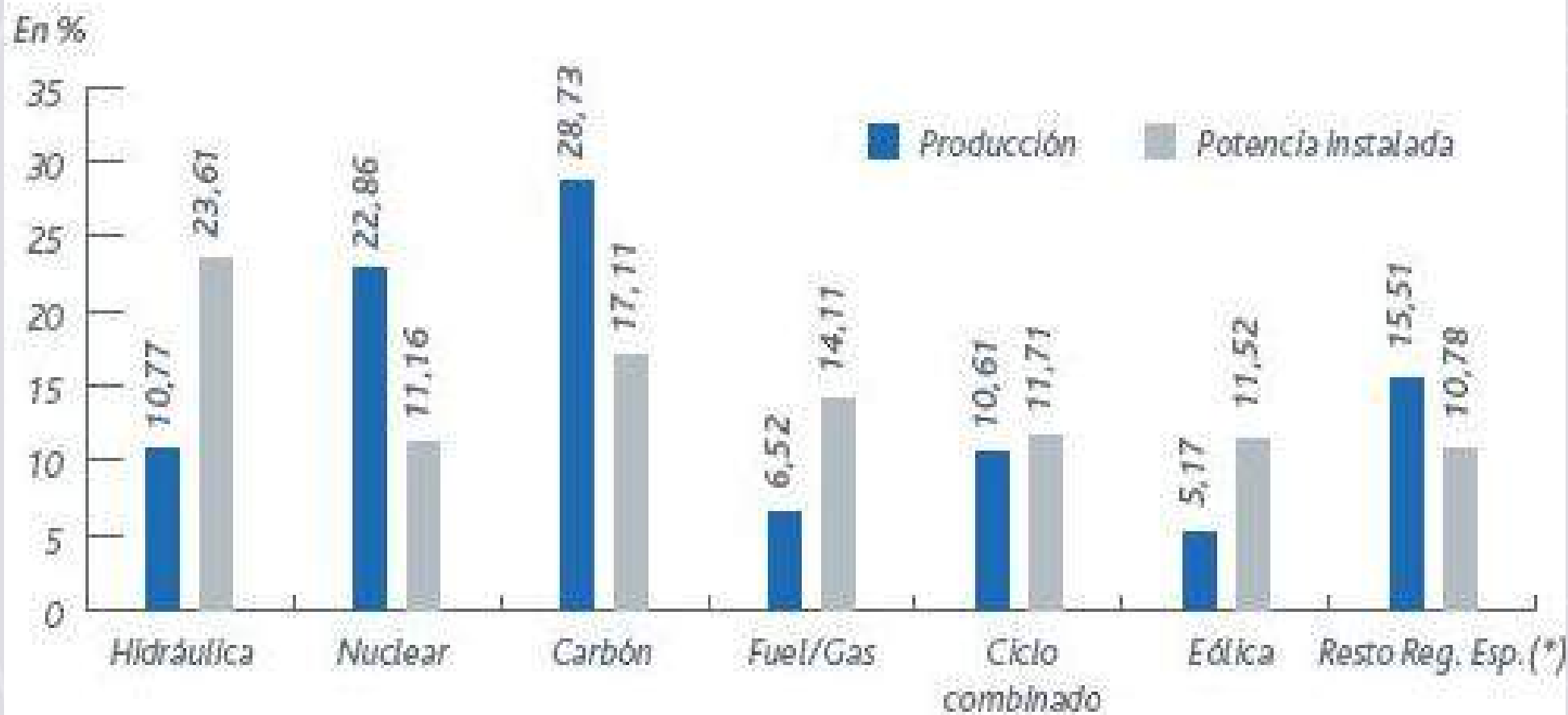


Situación en España

- **9 CCNN 8.000 MW**
- **11% potencia instalada**
- **25-30% energía generada**
- **Crecimiento demanda eléctrica 6% anual**
- **En 2003 las emisiones de CO2 crecieron un 41% sobre las del año 1990**

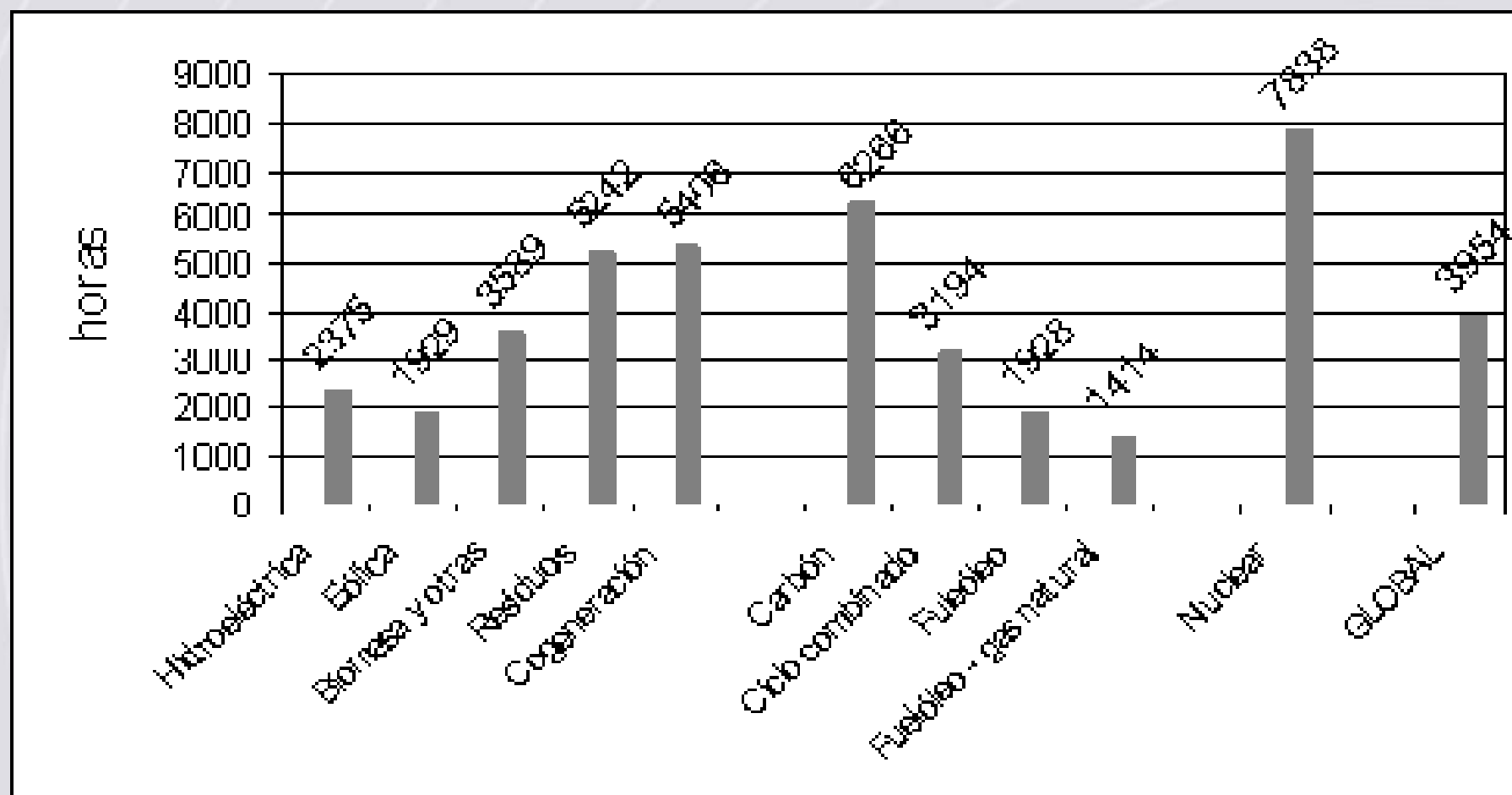


Potencia instalada y producción eléctrica en España (2004)





Funcionamiento medio de las centrales de producción eléctrica





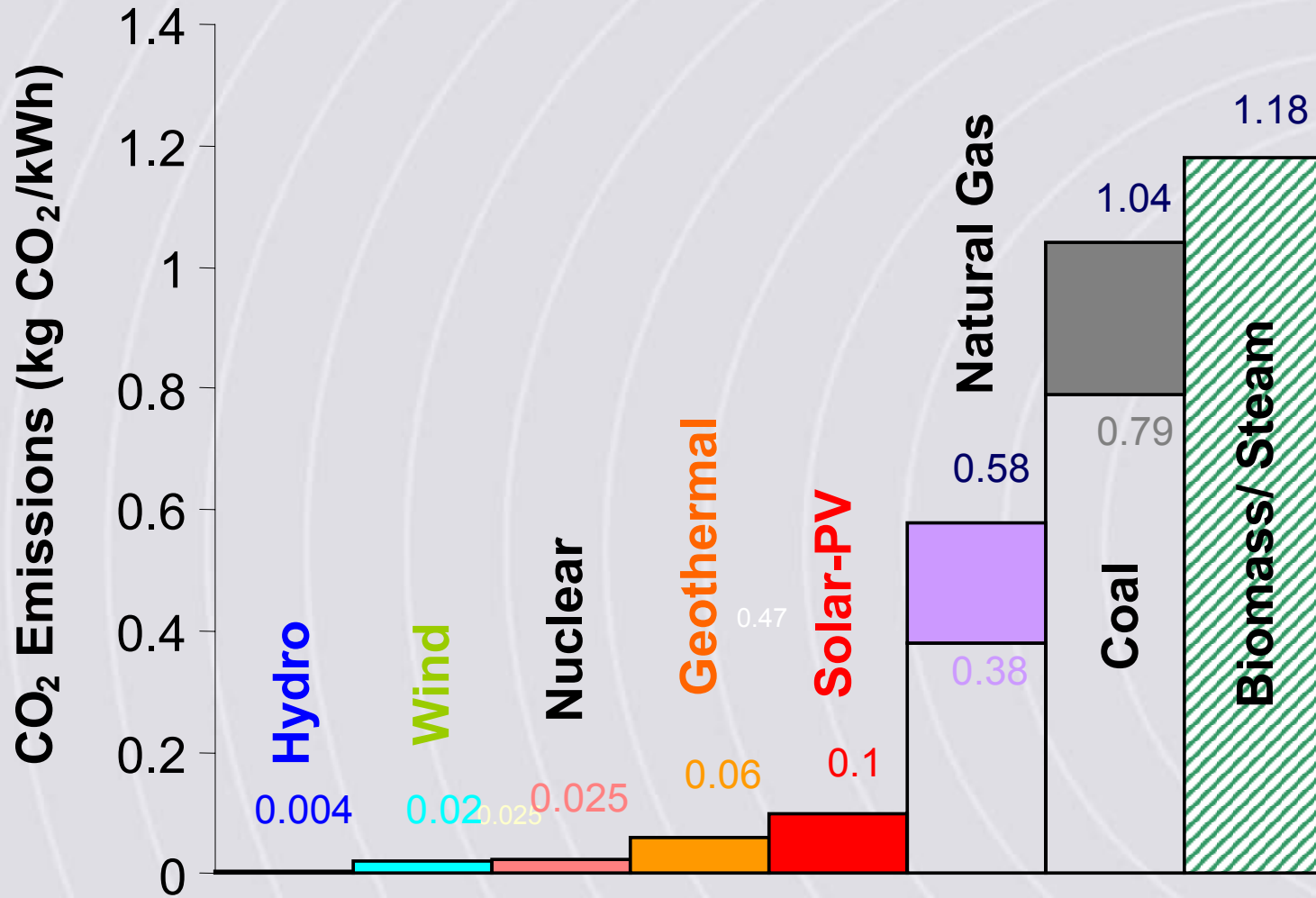
EXTENSIÓN DE VIDA

El 34% de las CCNN del mundo han superado su vida de diseño, y las compañías encargadas de su gestión deberán tomar próximamente una decisión acerca de su futuro:

- 1. pararlas, y suplir la energía 'extraída' de la red con nuevas plantas de generación térmica,**
- 2. someterlas a un proceso de renovación para proceder al alargamiento de su vida útil.**



Impacto medioambiental de las fuentes de energía





Energía Nuclear y su impacto medioambiental

Protocolo de Kyoto (1997)

“Limitar las emisiones de gases que producen el efecto invernadero con el fin de mantener un desarrollo sostenido”

Objetivo: Reducir un 5% los niveles de 1.990 antes del 2012

Generación
eléctrica
nuclear
~34,72%



Equivalente del
CO2 total emitido
(~20%)



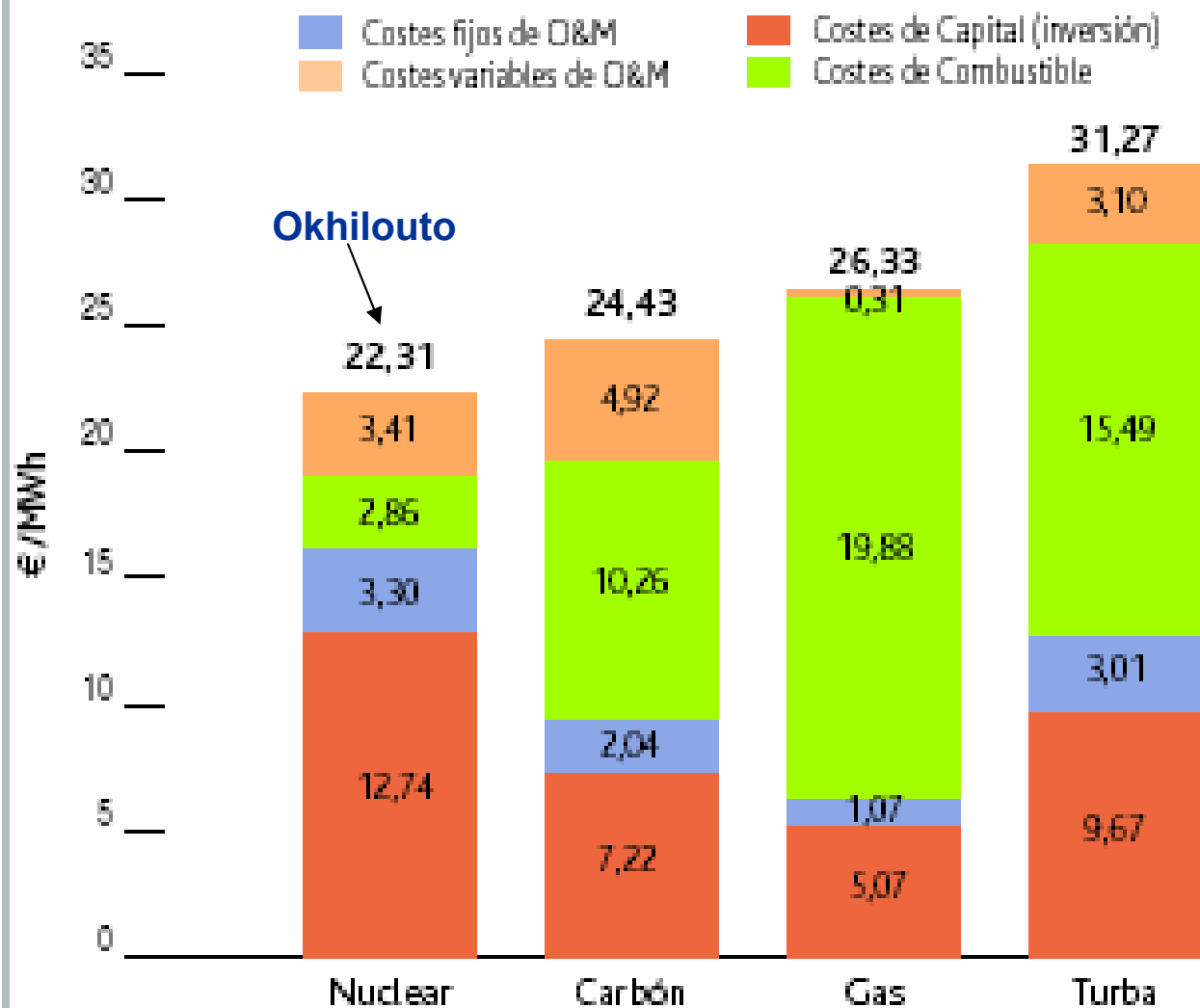
Reducciones de CO2

- **China:** su plan nuclear reduciría 66 Mt de carbón/año en 2010
reduciría 32 Mt CO2/año
- **Alemania :**si se produce el cierre se tendrían 70 Mt Co2 mas por
año en el 2020.
- **NEA escenarios:**
 - a) Triplica CCNN en 2050 (1100 Gwe): evita CO2 200Gt
 - b) Cierre completo: evita solo 100 Gt



Costes de generación: Finlandia

Costes de generación (Finlandia, 1999)



60-70% inversión
10% combustible
30-20% O&M



Centrales nucleares

Coste de
combustible
bajo
(10% coste del kWh)

Centrales térmicas convencionales

Coste de
combustible muy alto
(70% coste del kWh)

Si se duplica el precio U: coste energía es casi insensible

Si se duplica el precio gas o petróleo: 70% mas caro



RESIDUOS RADIATIVOS

- Volumen pequeño y concentrados
- Aislamiento en la biosfera factible
- Soluciones técnicas en muchos países: Suecia, España, etc
- Almacenamiento temporal
- AGP
- Transmutación para eliminar residuos

La gestión de los residuos radiactivos es más que encontrar una respuesta técnica a un problema técnico

¿ Es más importante el calentamiento del planeta o usar la energía nuclear con el consiguiente almacenamiento de los residuos radiactivos?

James Lovelock

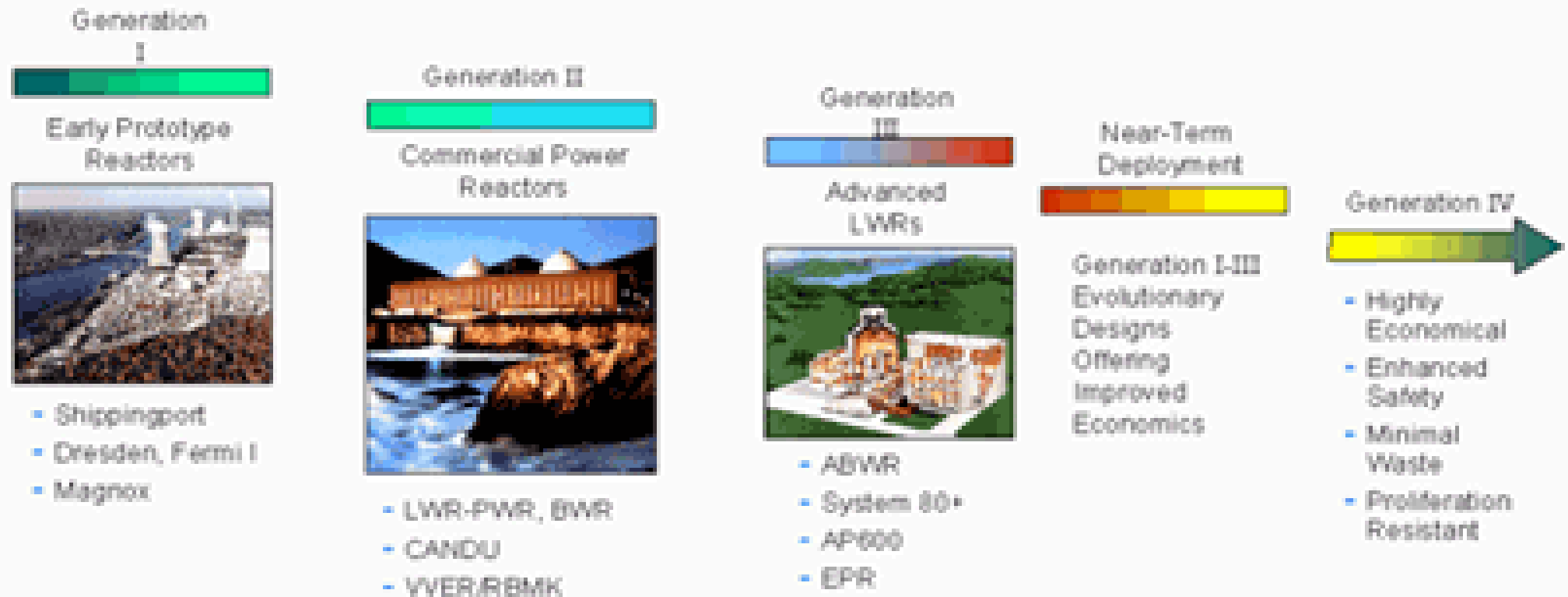
Prof. Moore



¿Qué puede aportar la energía nuclear en el siglo XXI?

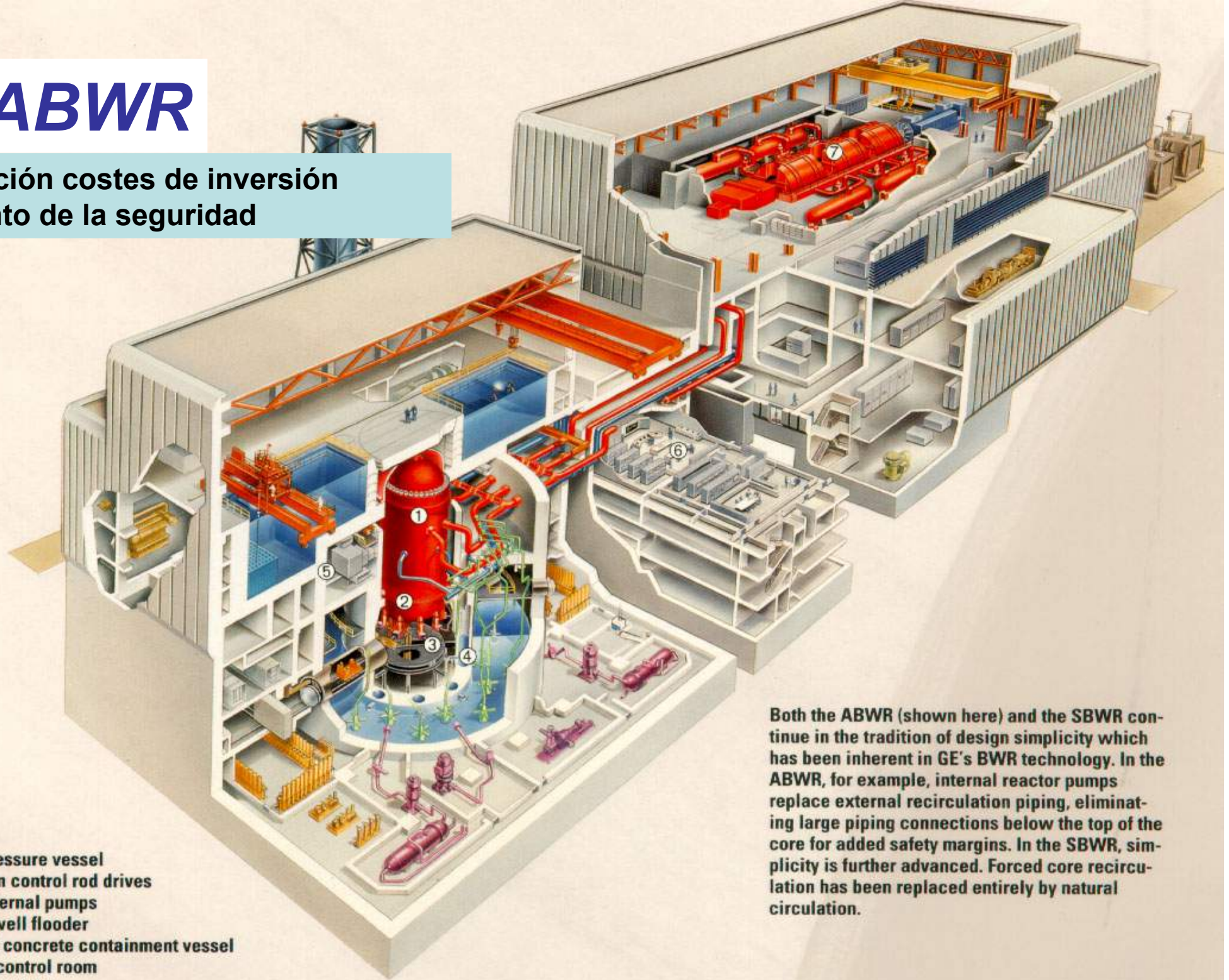
Nuevos reactores innovadores
Aplicaciones no energéticas
Producción de hidrógeno
Desalación del agua del mar
Calentamiento urbano
Fusión nuclear

The Evolution of Nuclear Power



ABWR

Reducción costes de inversión
Aumento de la seguridad



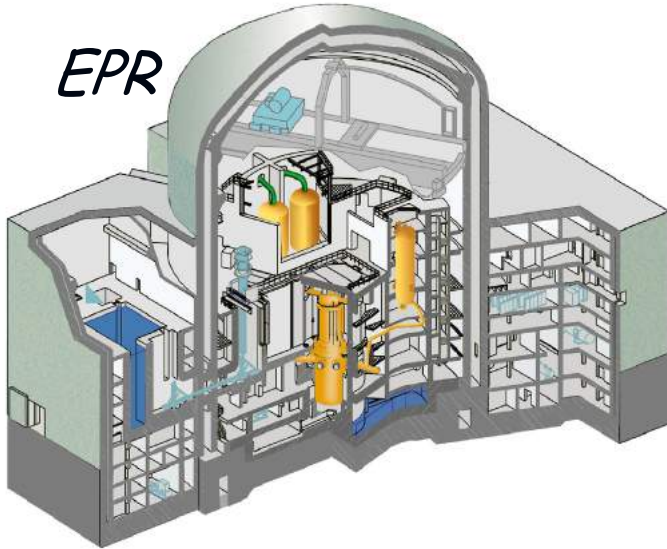
1. Reactor pressure vessel
2. Fine-motion control rod drives
3. Reactor internal pumps
4. Lower drywell flooder
5. Reinforced concrete containment vessel
6. Advanced control room
7. Turbine-generator

Both the ABWR (shown here) and the SBWR continue in the tradition of design simplicity which has been inherent in GE's BWR technology. In the ABWR, for example, internal reactor pumps replace external recirculation piping, eliminating large piping connections below the top of the core for added safety margins. In the SBWR, simplicity is further advanced. Forced core recirculation has been replaced entirely by natural circulation.



FUTUROS REACTORES PWR

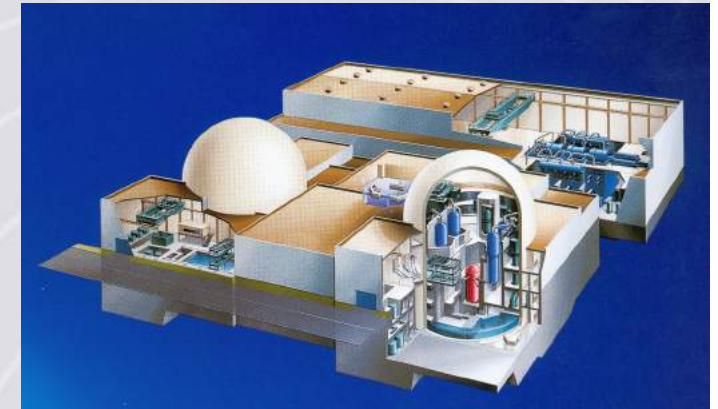
EPR



APR 1400 Korea



APWR Japon



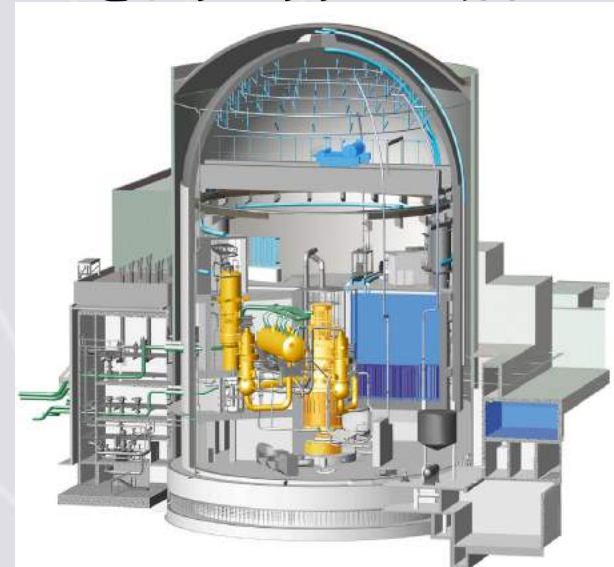
AP 1000 USA



AES 92 Russie



AES 91-99 Russie





Olkiluoto en 2004



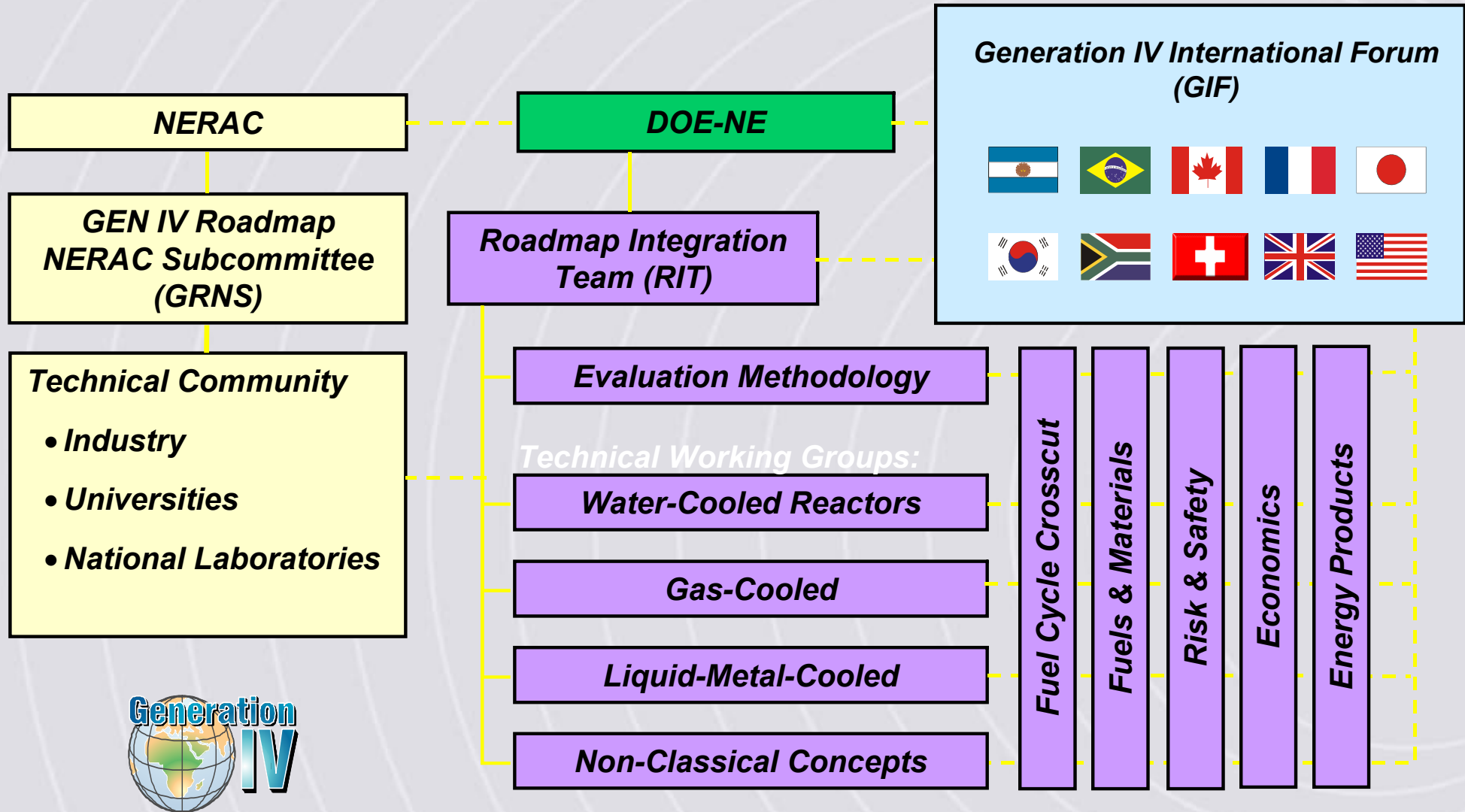


Olkiluoto en 2009



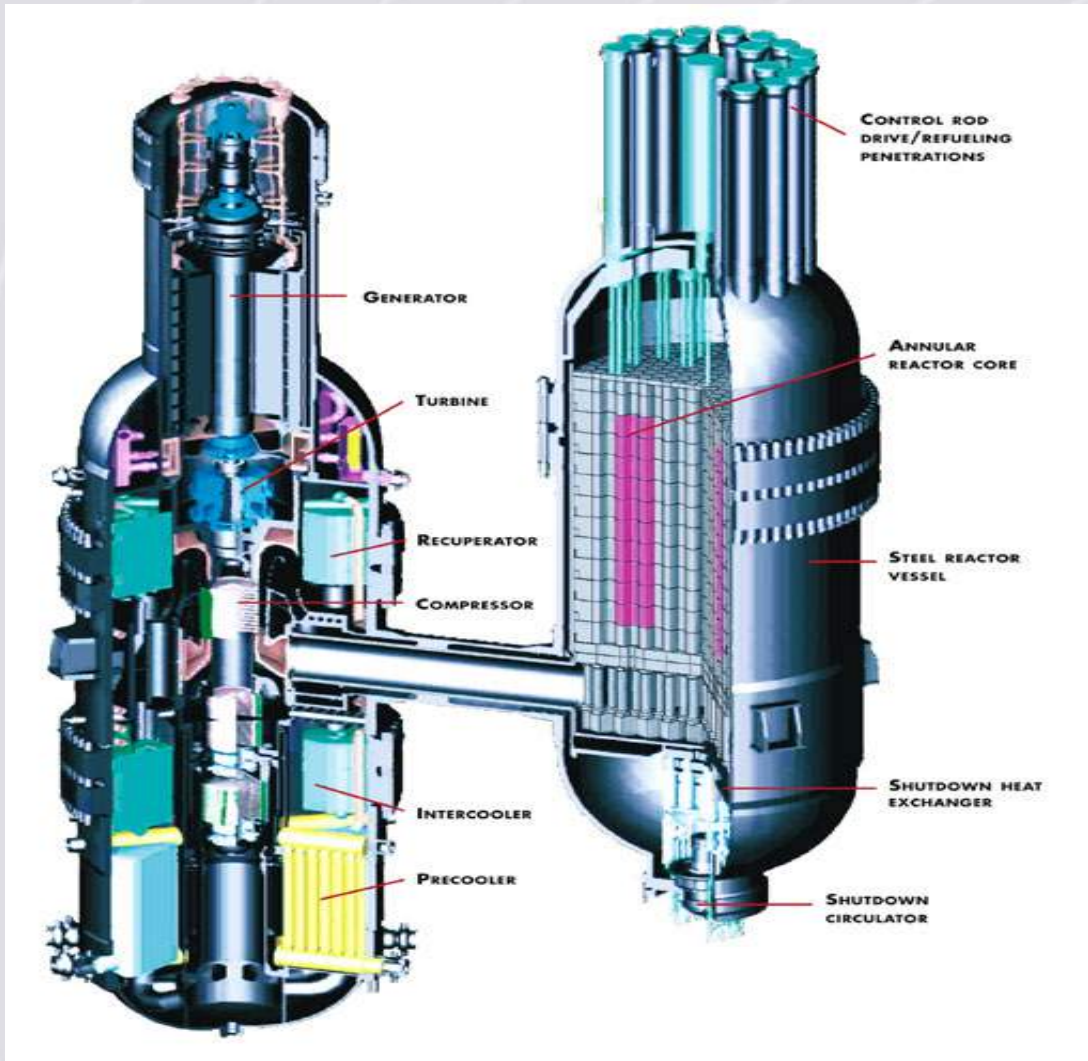


GENERACION IV

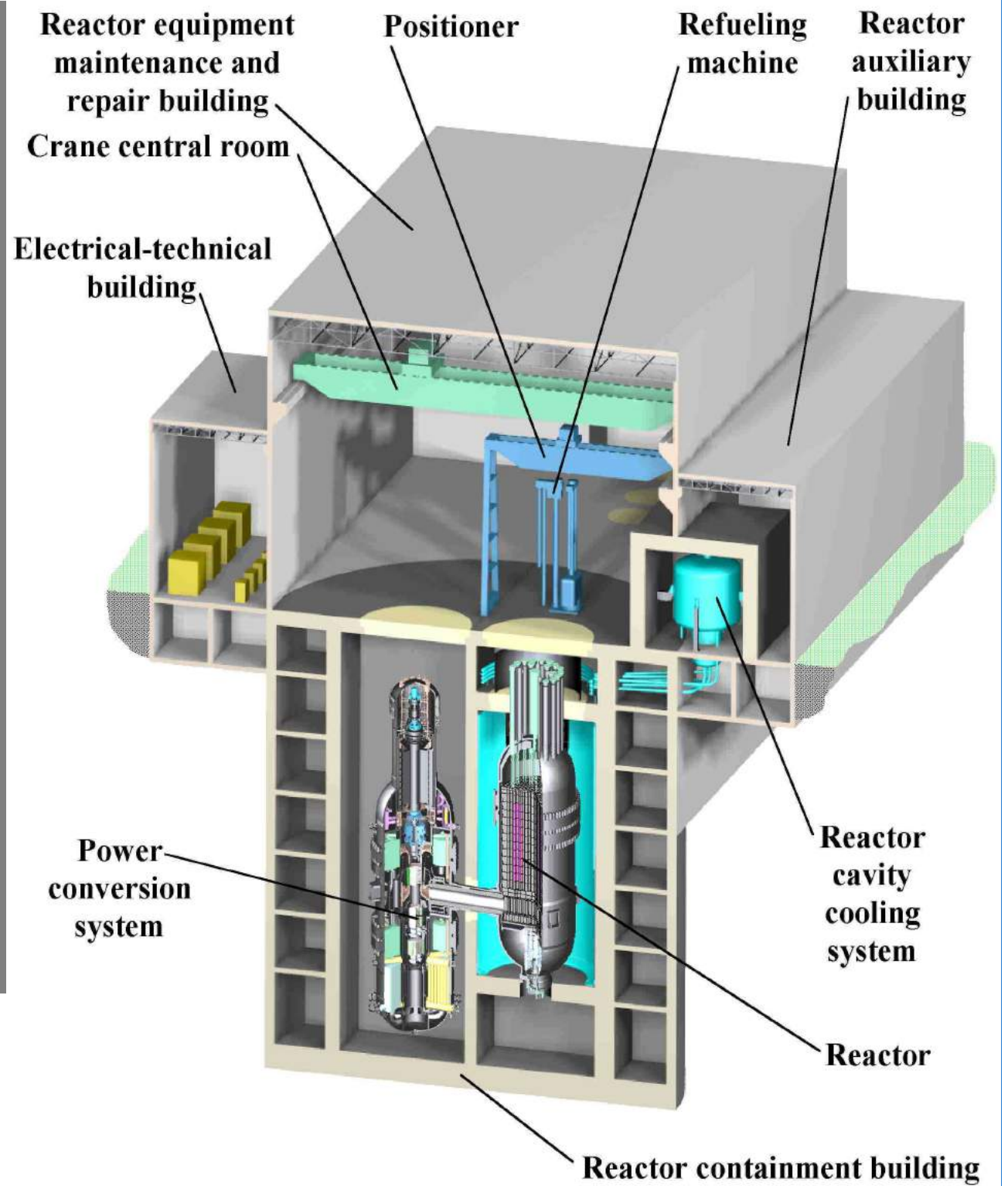
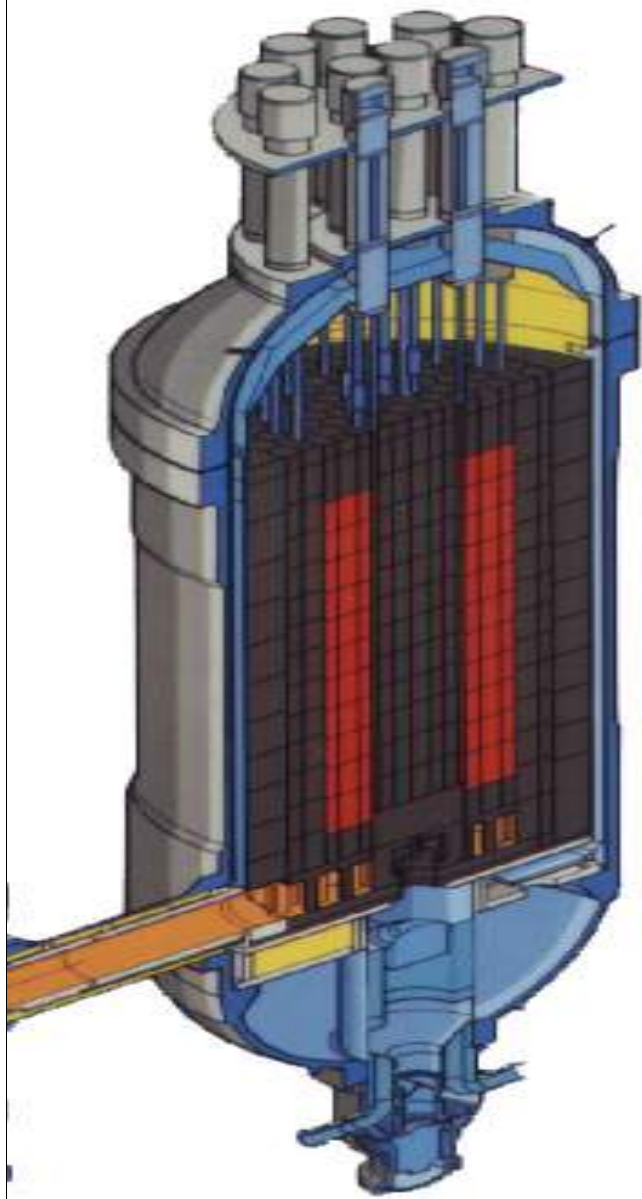


~ 100 technical experts contributing

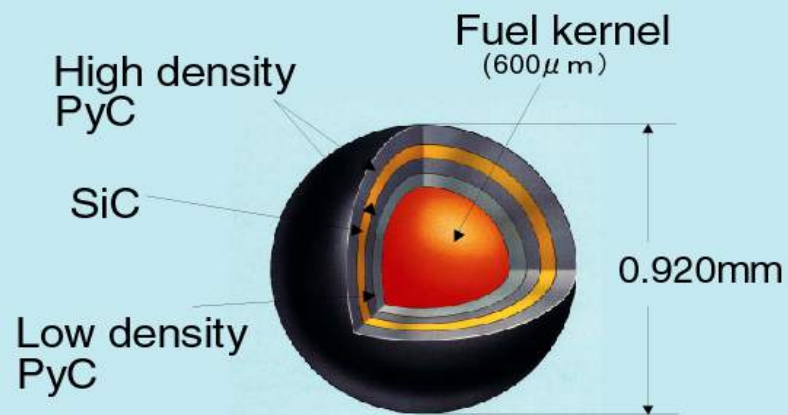
GT-MHR300



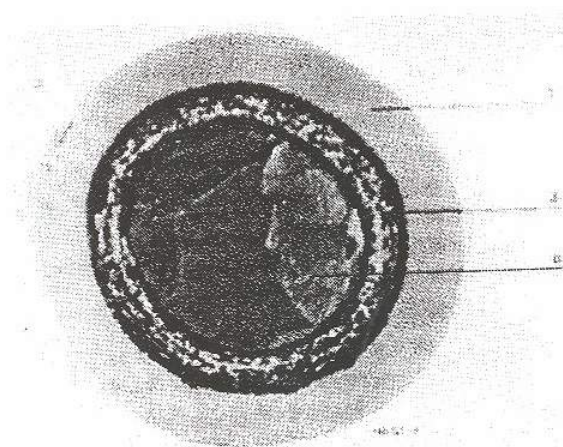
- 600 MW
- Quemados: 112 GWd/ton
- Combustible Prismático
- Recarga: 1 cada 4 años



Reactor de gas a alta temperatura

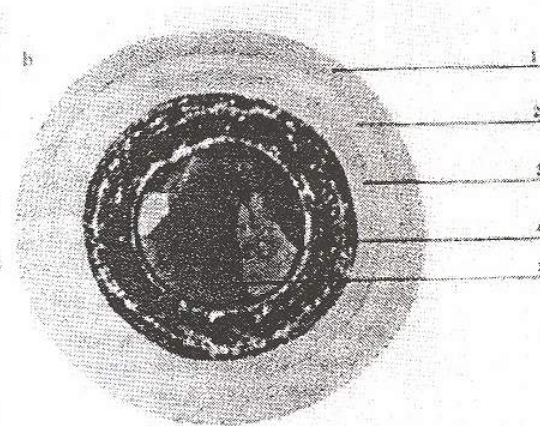


Coated fuel particle



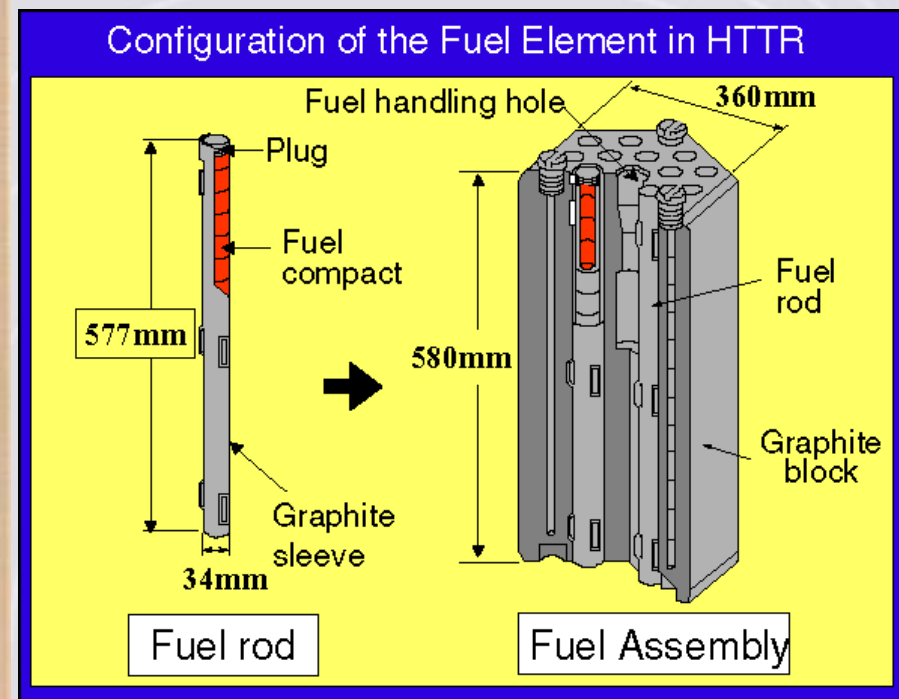
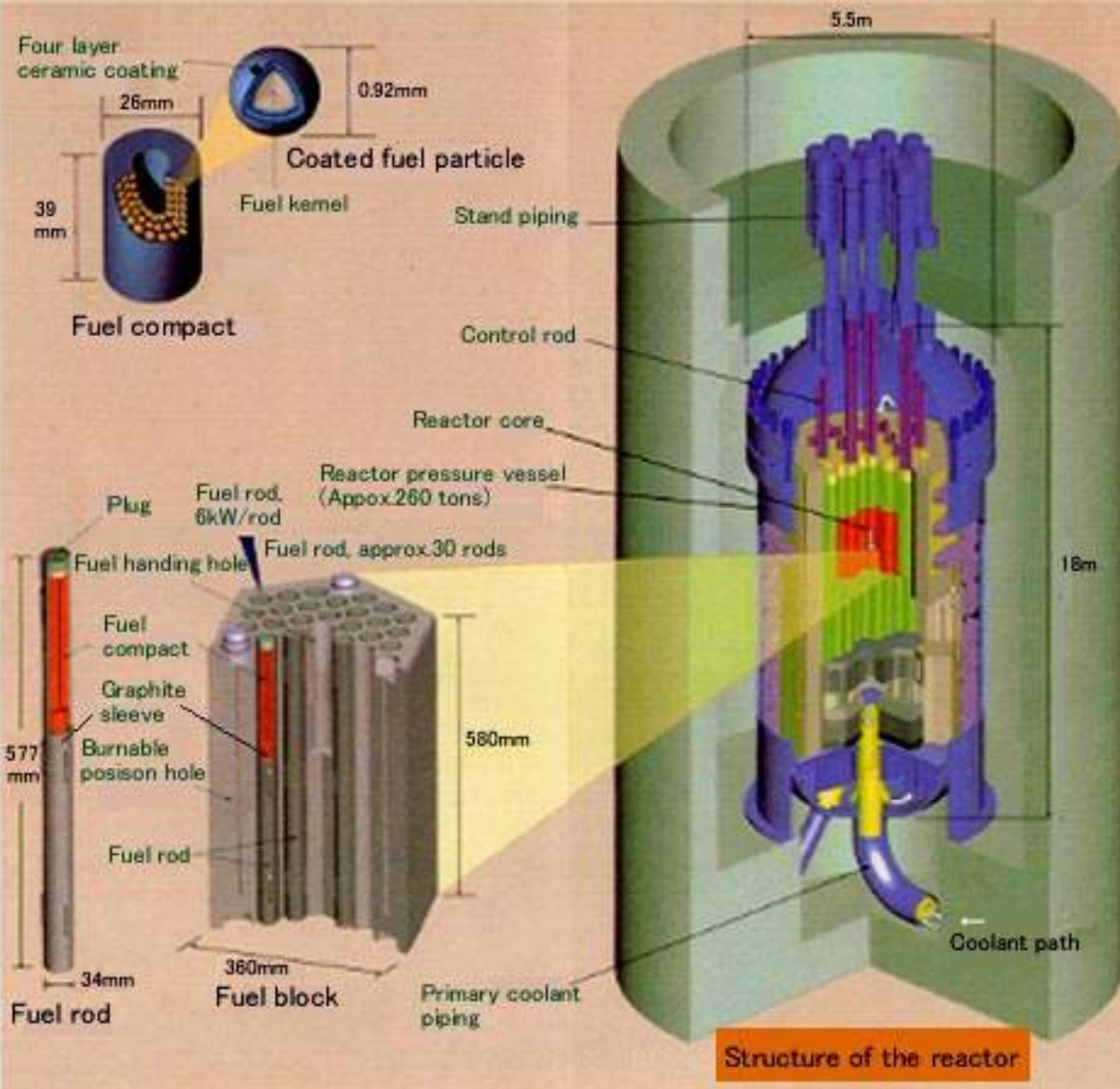
- 1 Partícula fértil.
- 2 Partícula combustible.
- 3 Capa exterior de carbono pirolítico isótropo.
- 4 Capa de carbono silicio.

BISO



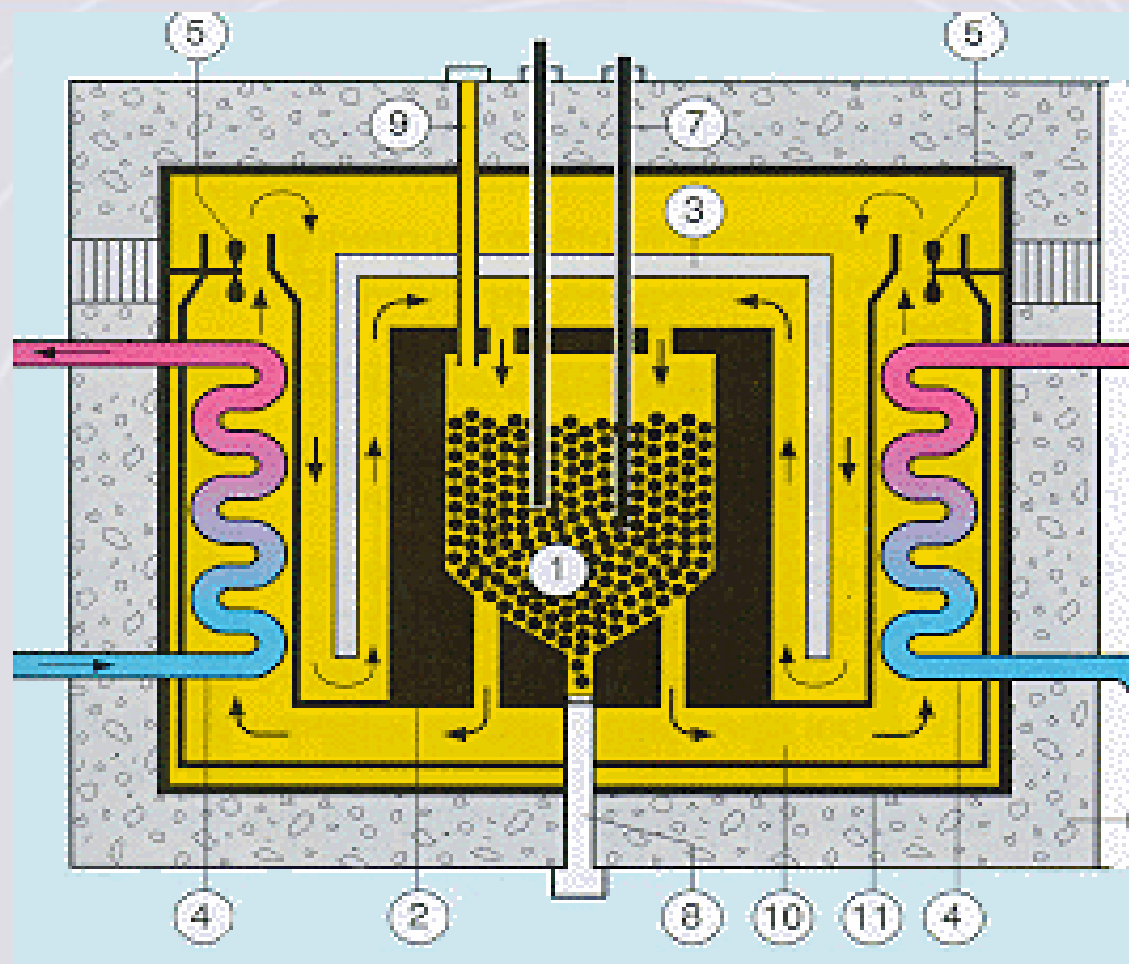
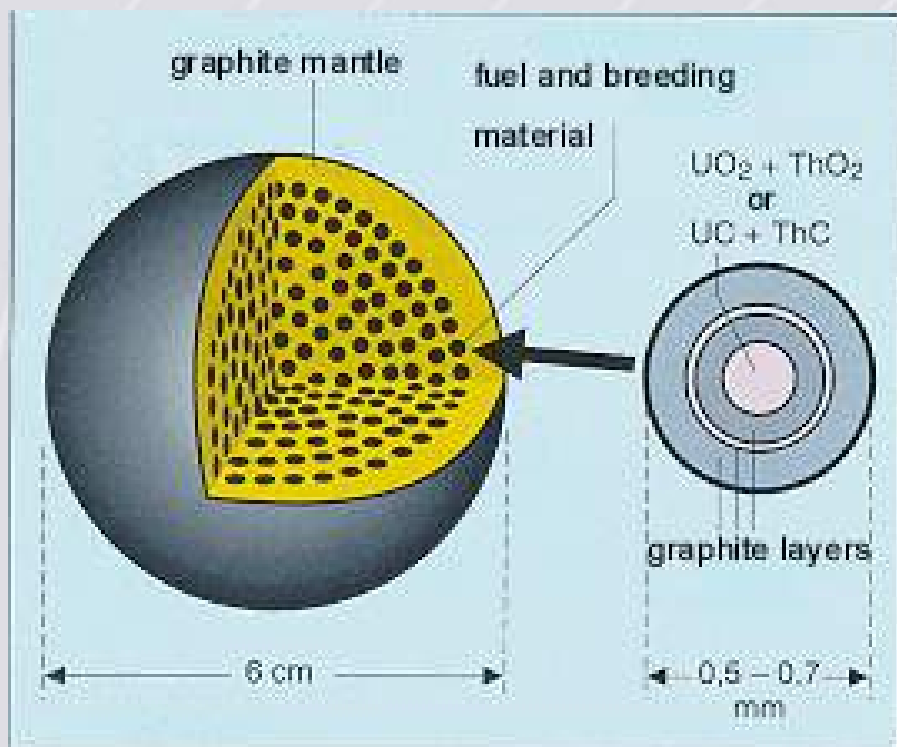
- 1 Capa interior de carbono pirolítico isótropo.
- 2 Capa de carbono pirolítico de baja densidad.
- 3 Núcleo de carburo de uranio.
- 4 Núcleo de óxido de torio.

TRISO





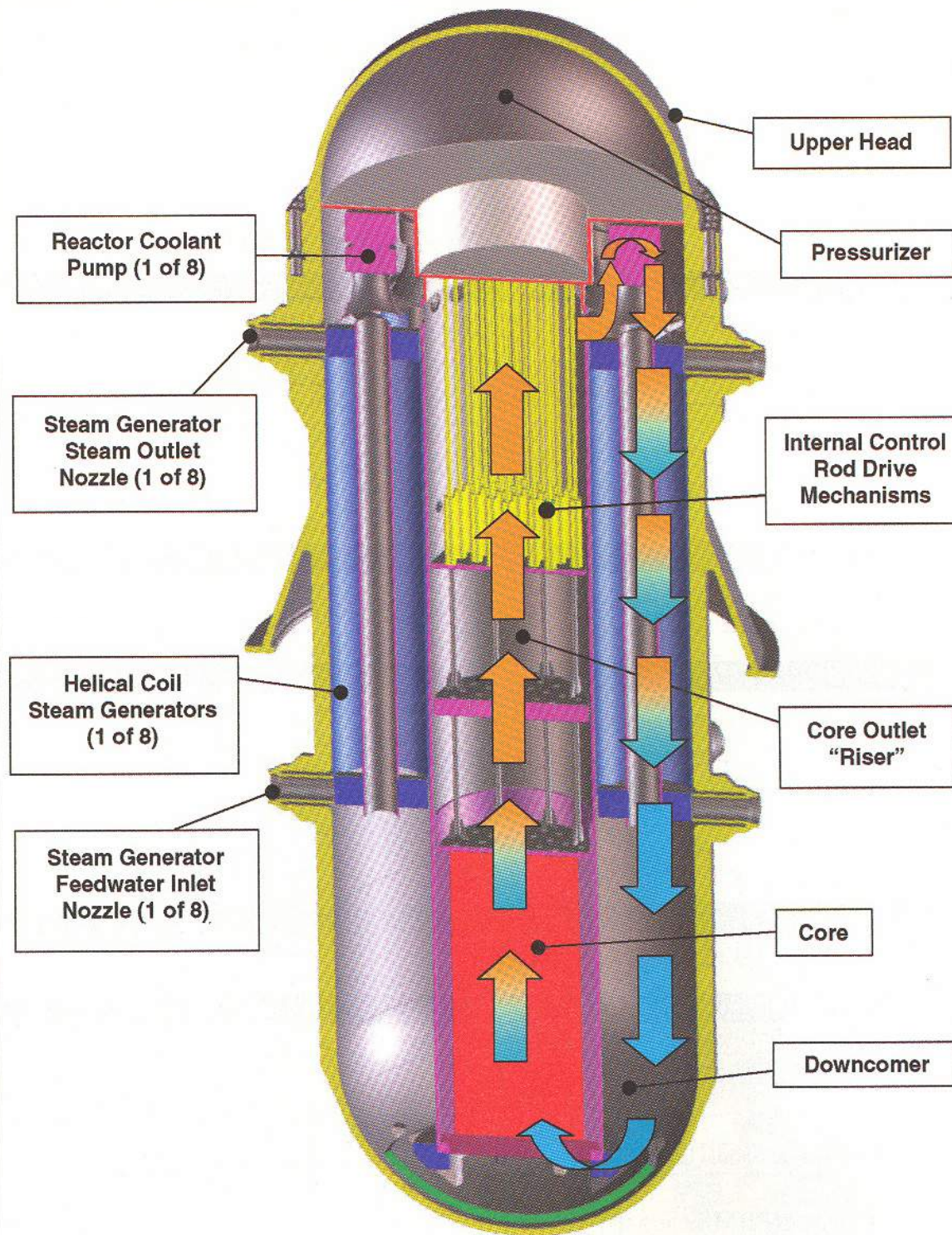
THTR-300

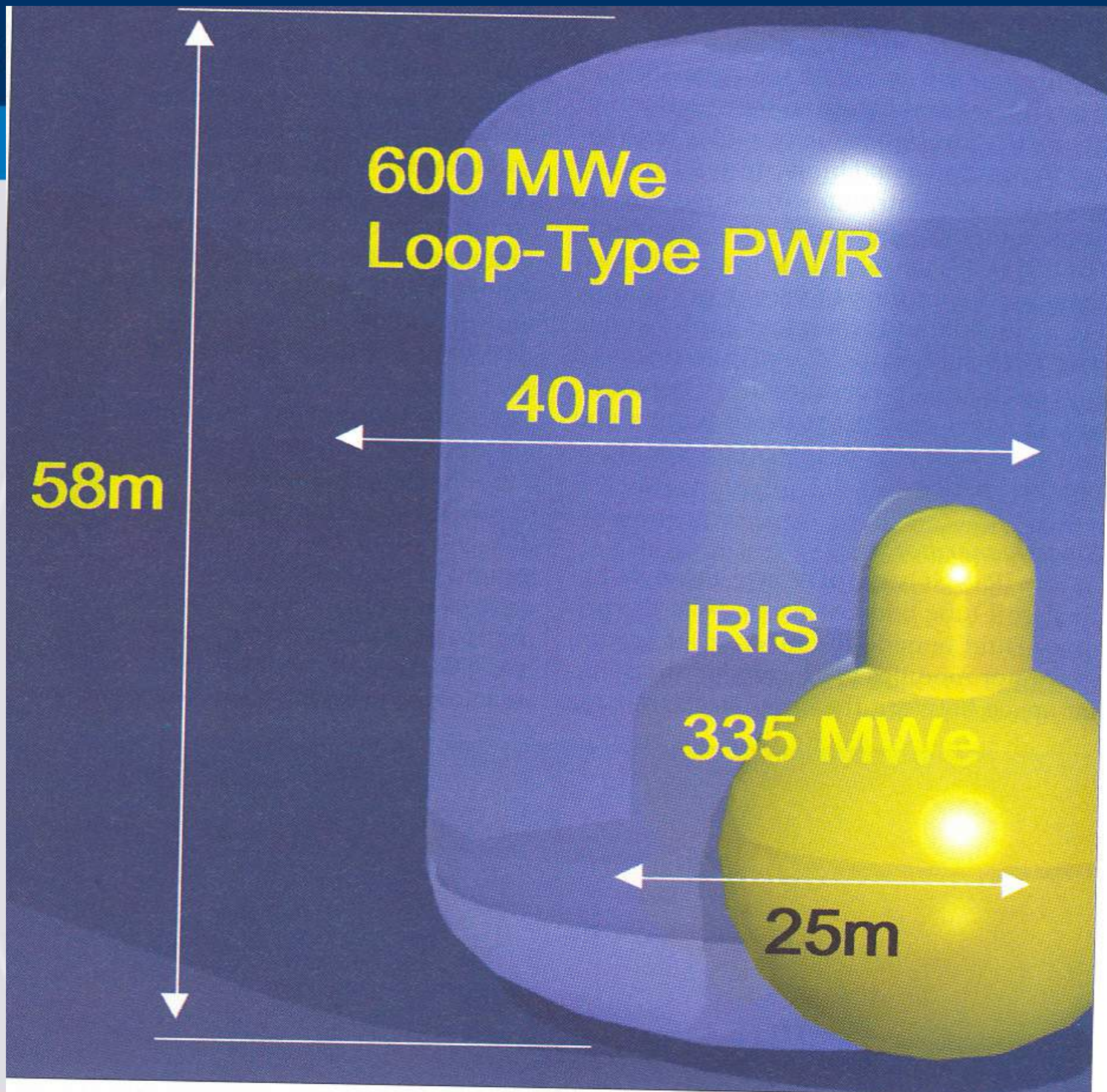


DISEÑO DE LECHO DE BOLAS



IRIS



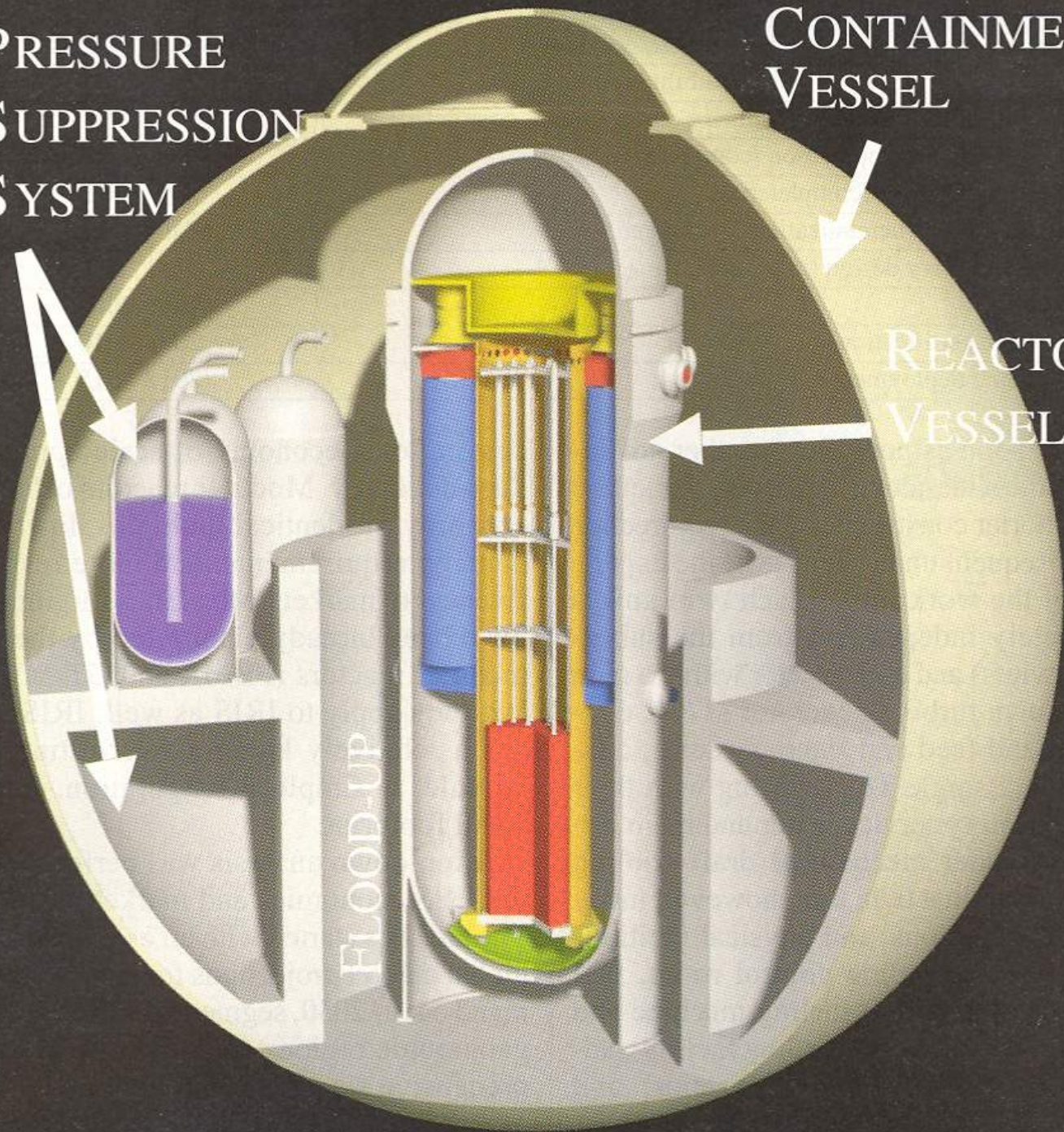




PRESSURE
SUPPRESSION
SYSTEM

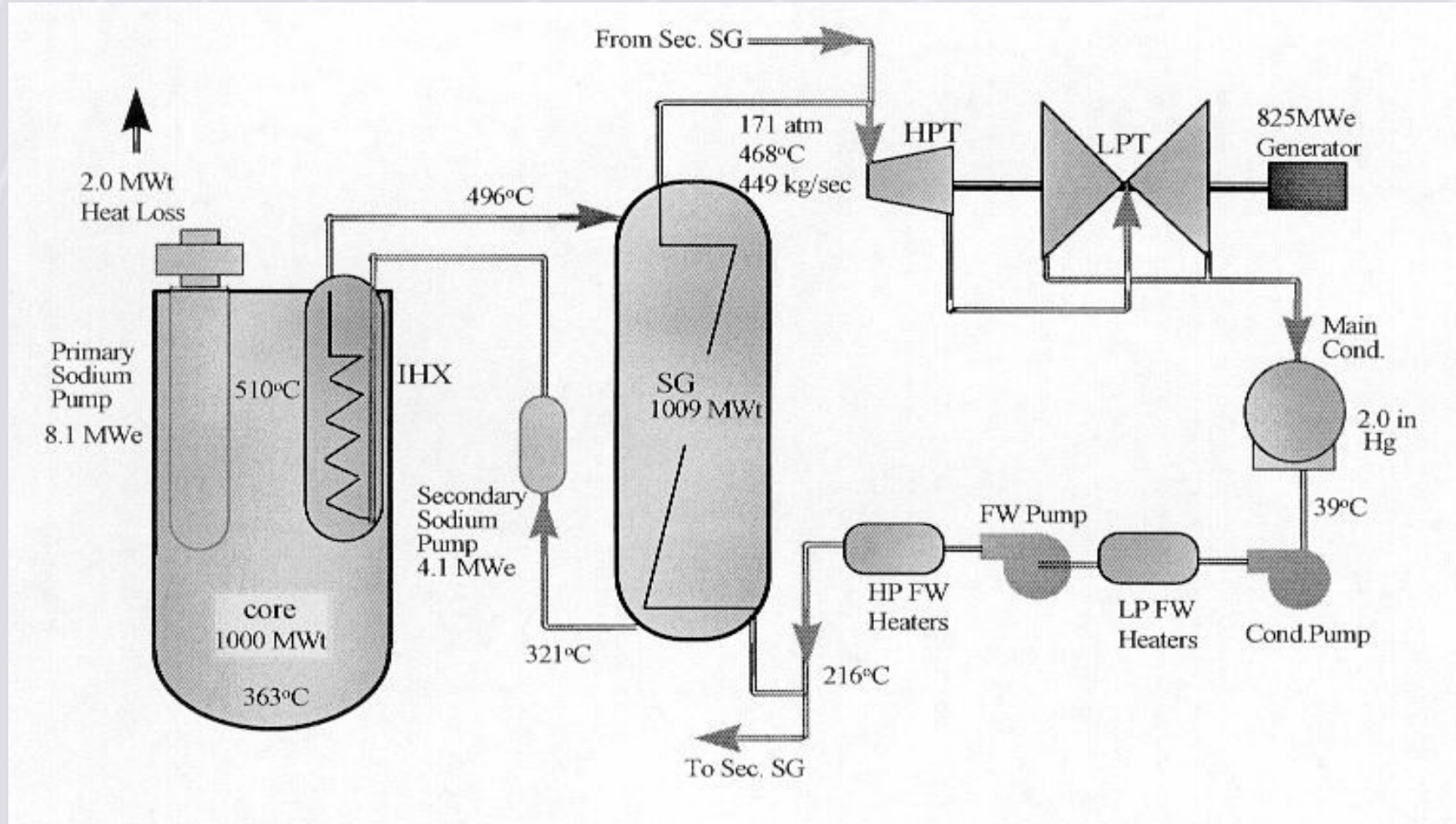
CONTAINMENT
VESSEL

REACTOR
VESSEL





S-PRISM

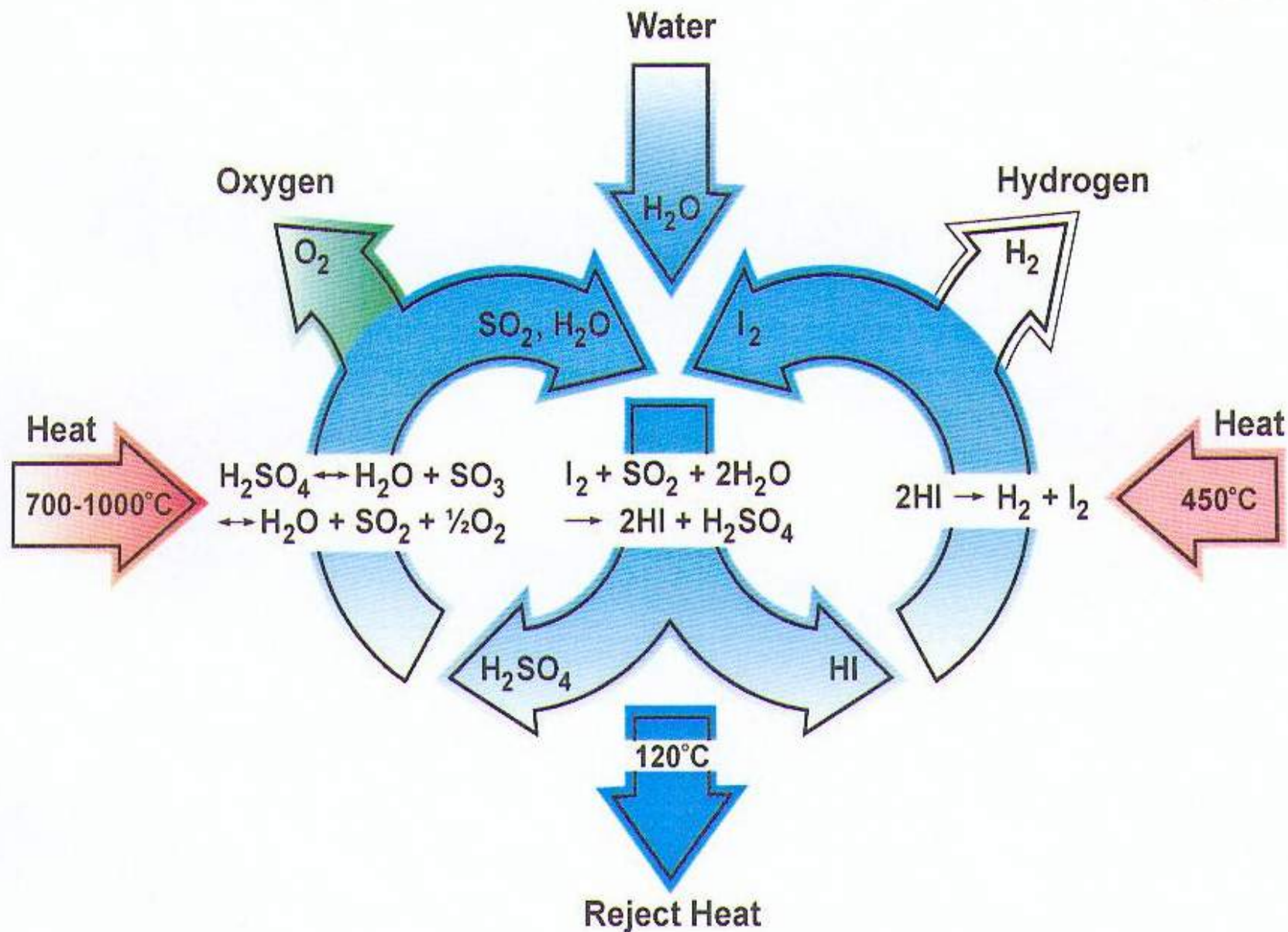




Otras Aplicaciones

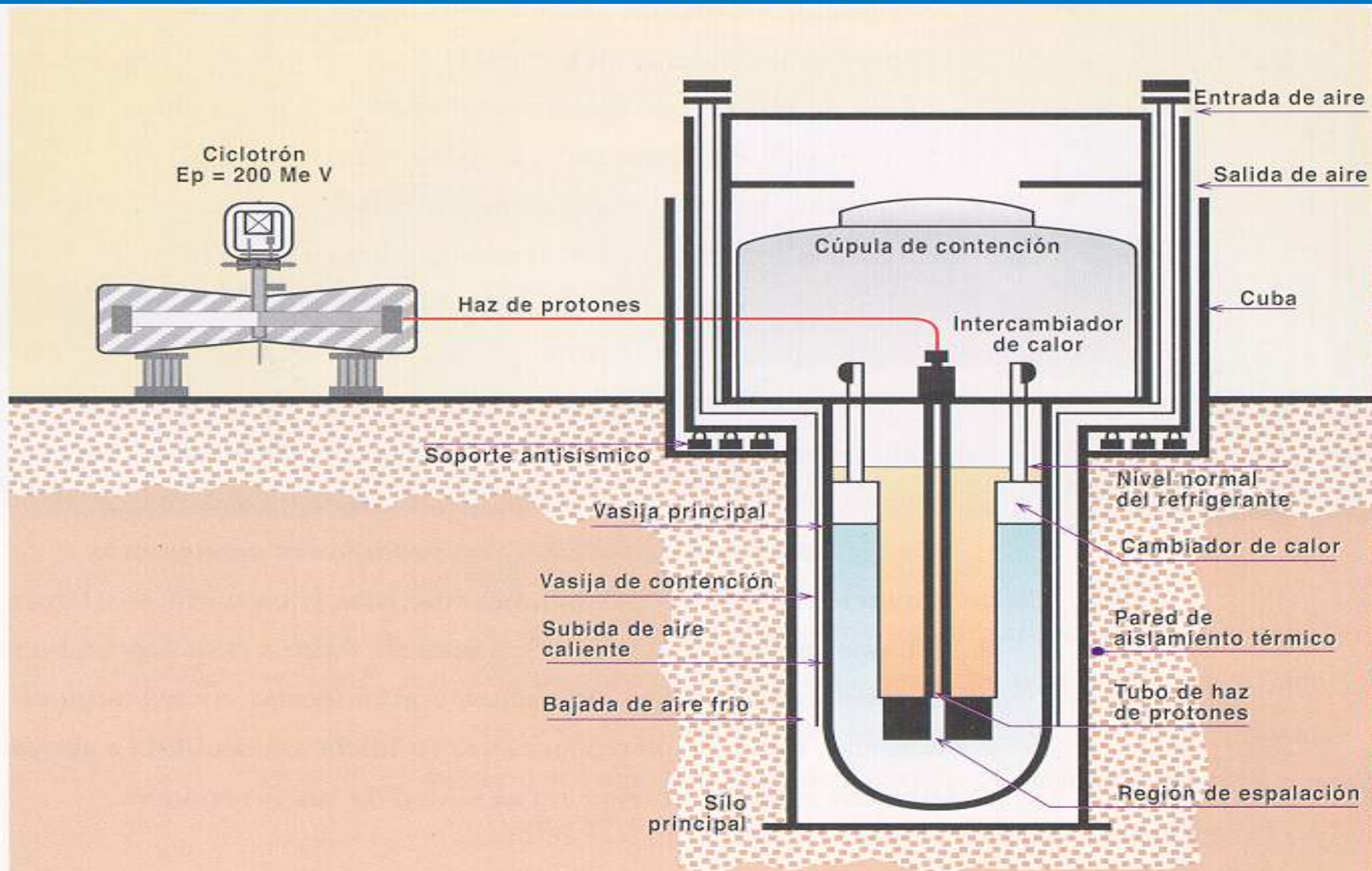


Producción de Hidrógeno



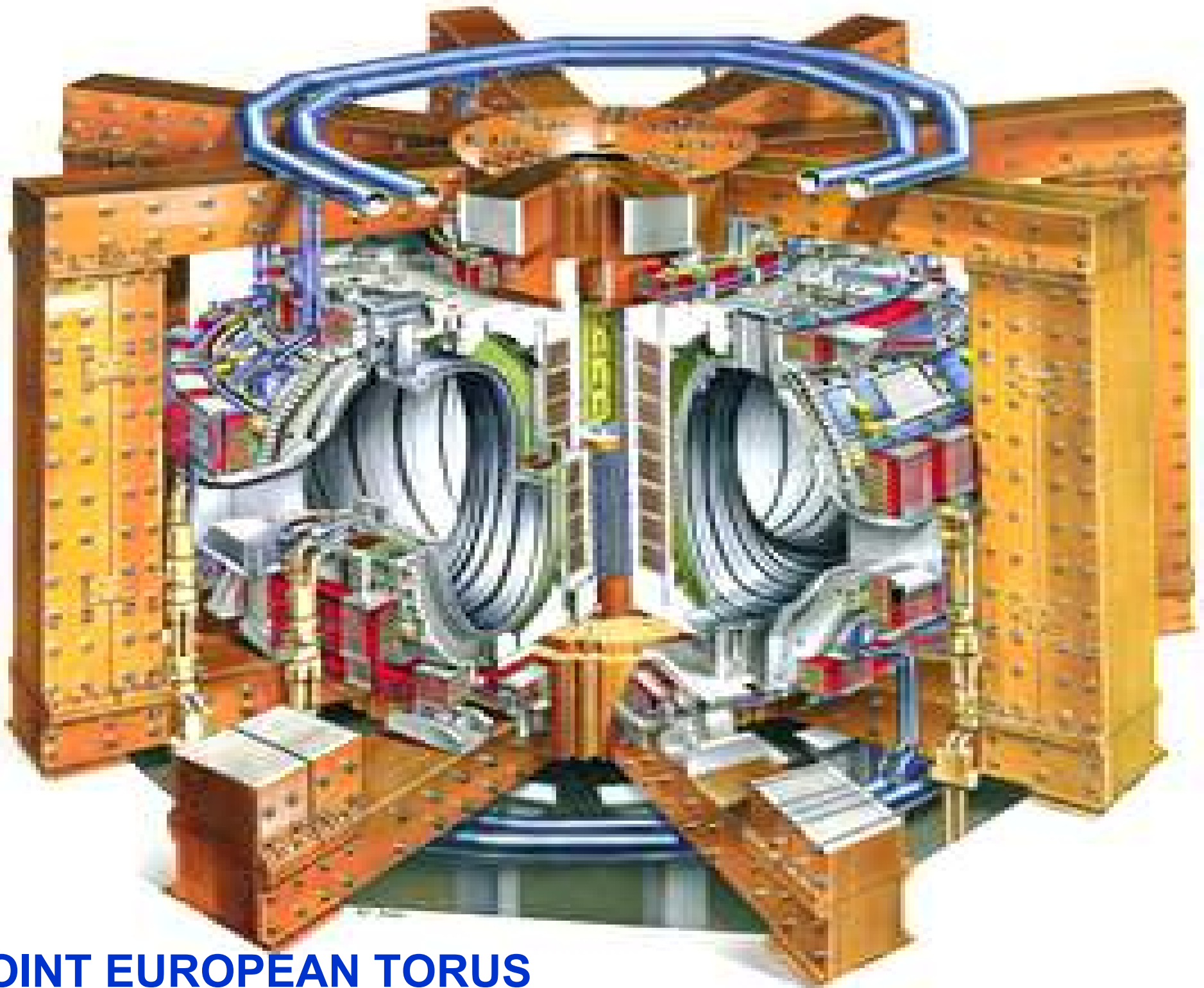


Sistema para eliminar residuos radiactivos



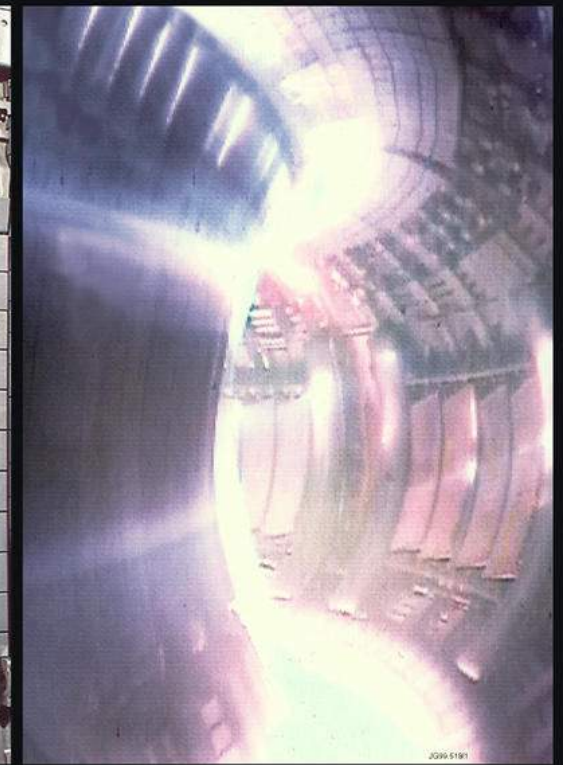
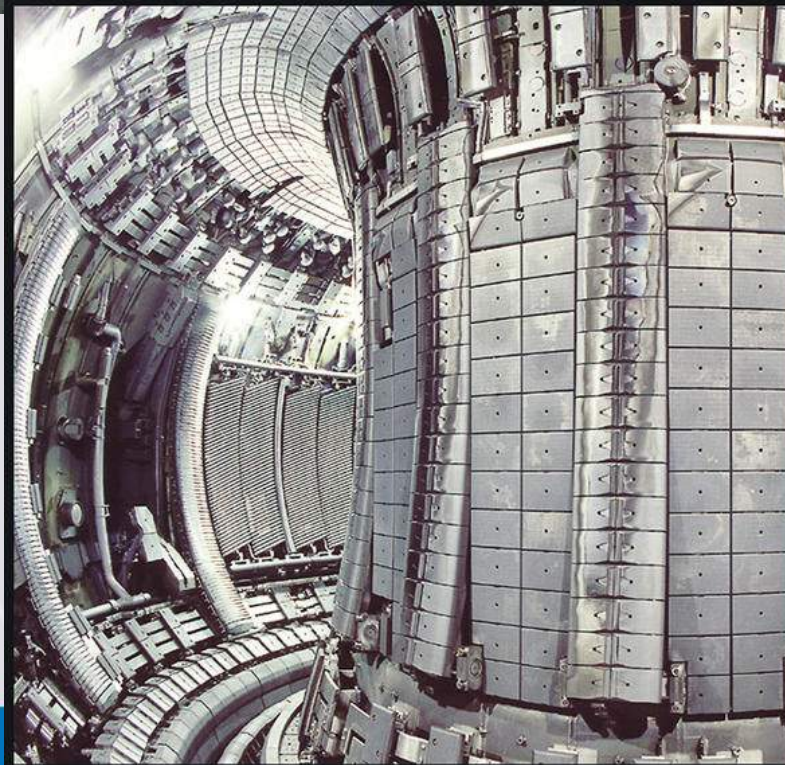
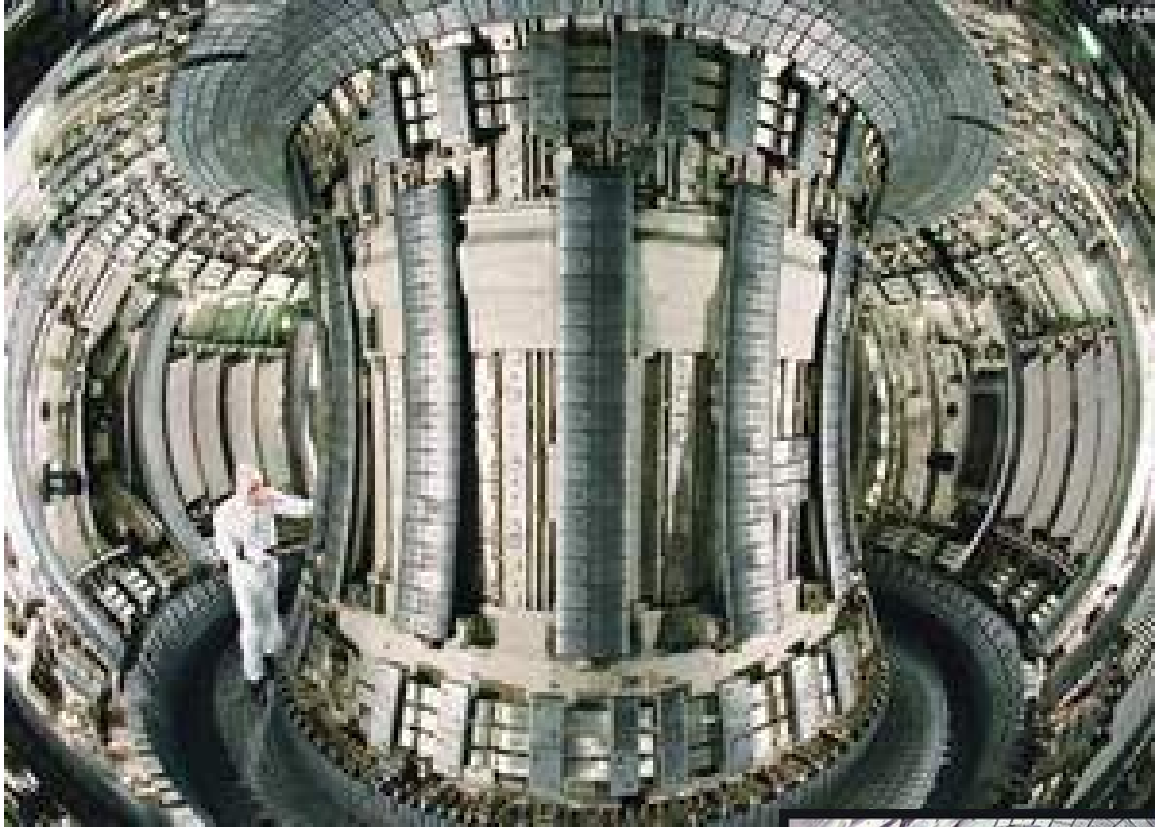


Fusión Nuclear

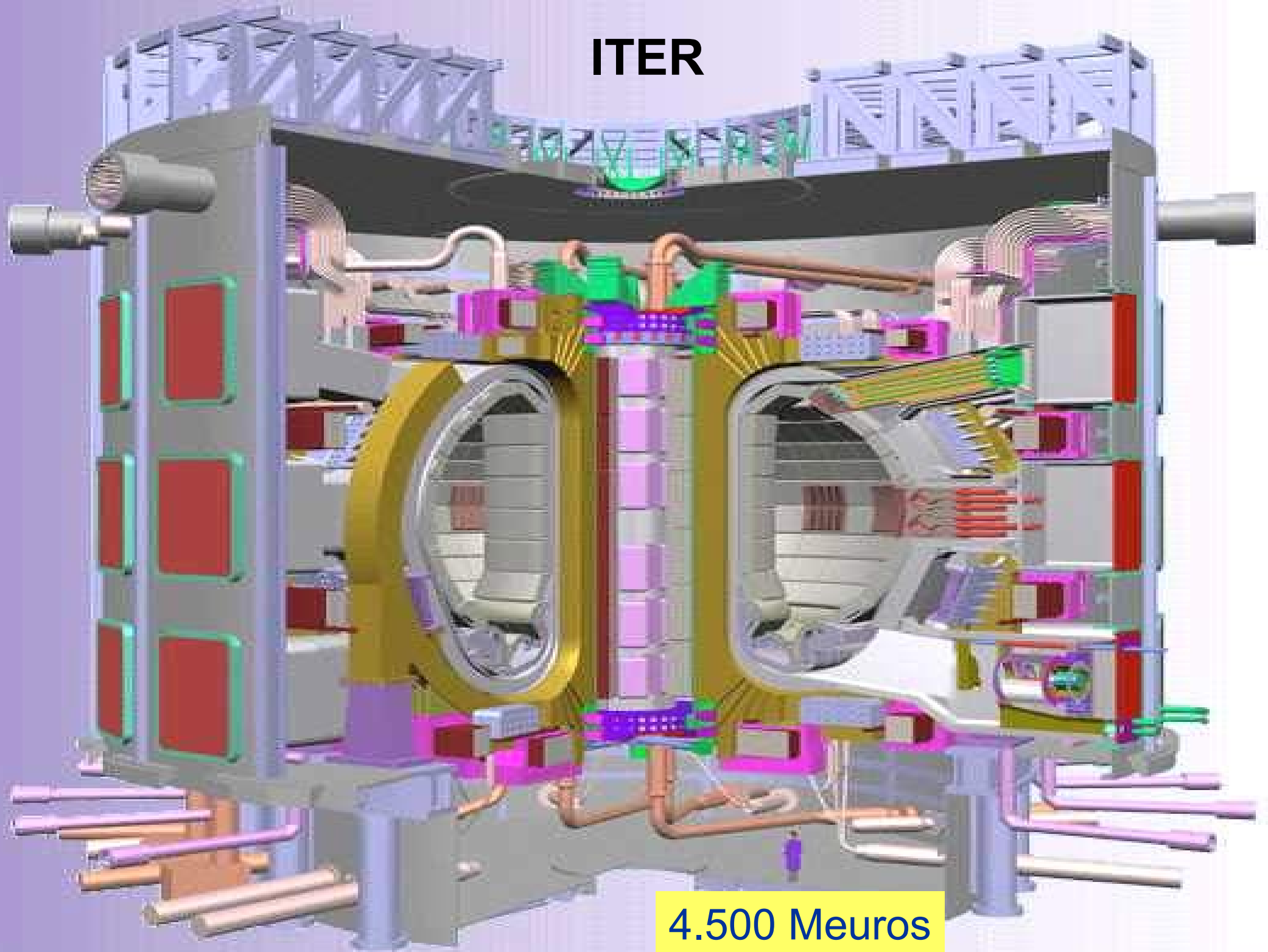


JOINT EUROPEAN TORUS

Anillo de una vasija



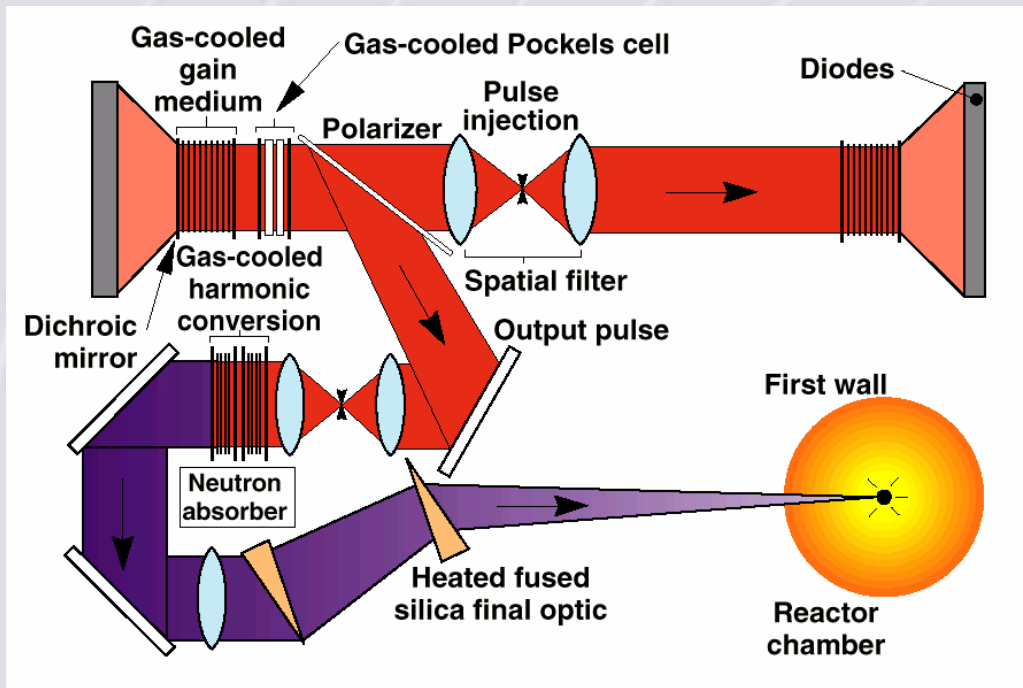
ITER



4.500 Meuros



Sistema Láser



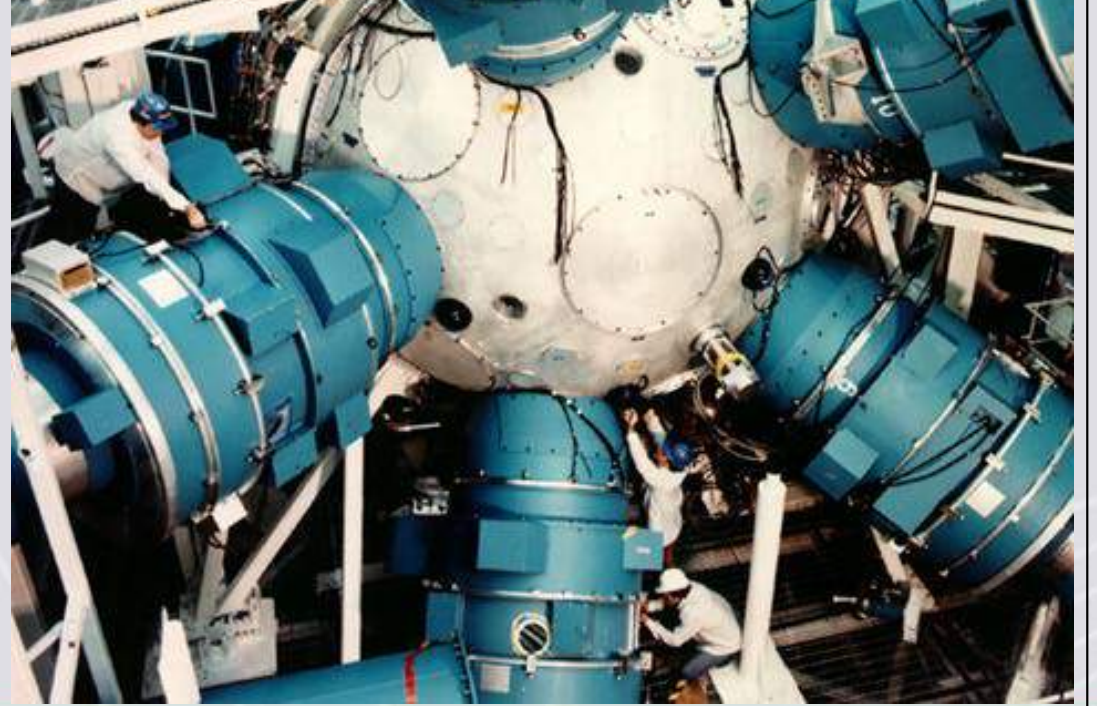


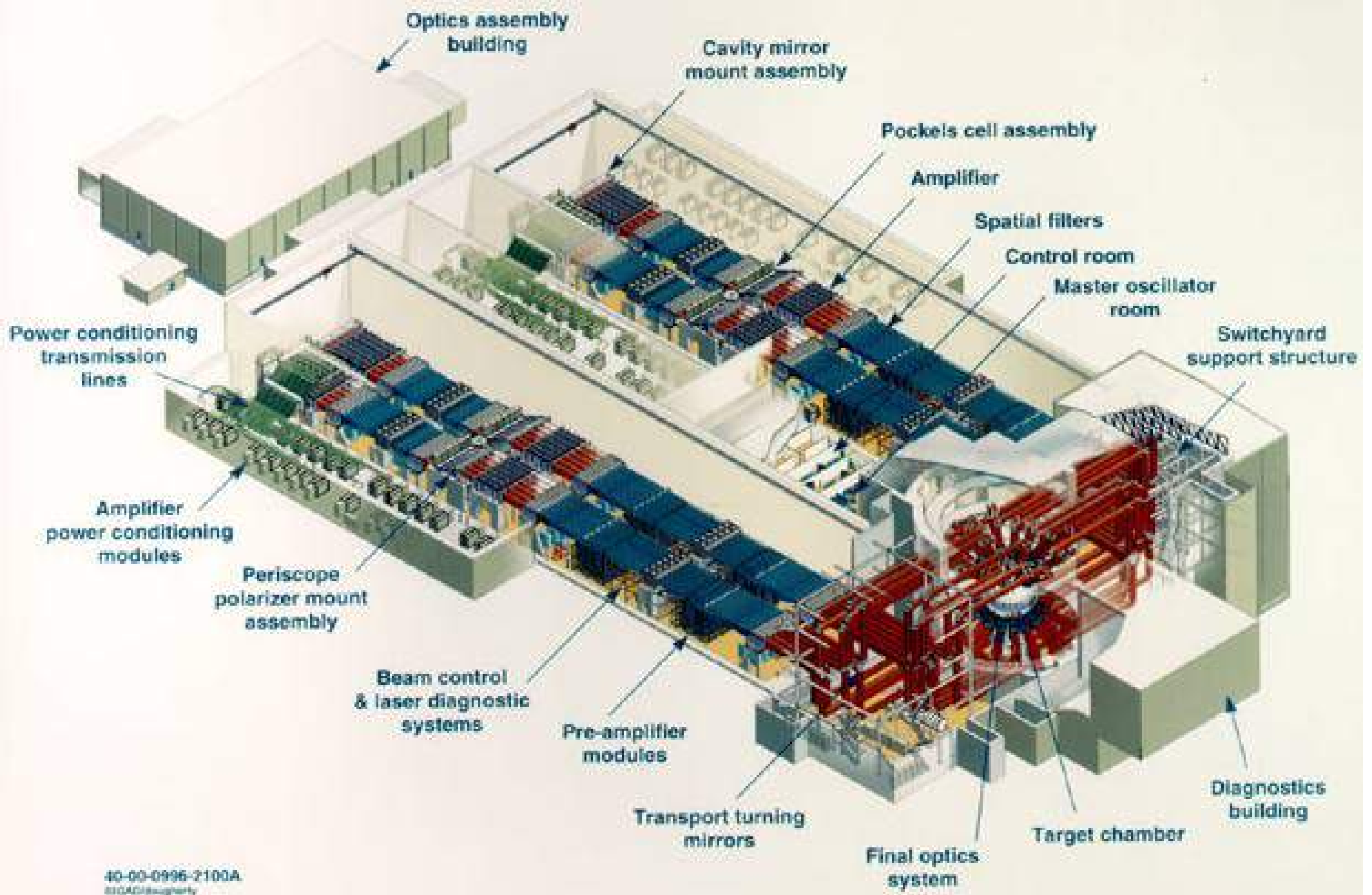
MADP

Proyecto NOVA



Proyecto NIF





Proyecto National Ignition Facility(NIF)



Conclusiones

- **Existe un gran reto energético mundial tanto desde el punto de vista económico, medioambiental y de seguridad de abastecimiento.**
- **El planteamiento energético debe hacerse desde la diversidad.**
- **En esta diversidad la energía nuclear y las renovables deben complementarse**
- **Se requiere una planificación a largo plazo y debe hacerse por consenso.**
- **La UE debe afrontar su economía desde la óptica de la competitividad, y en la energía debe ser menos dependiente, de acuerdo a la Agenda de Lisboa**



Consideraciones en una toma de decisiones

- **Crecimiento de la demanda**
- **Competitividad**
- **Seguridad de suministro**
- **Cumplimiento de condiciones medioambientales**
- **Aspectos sociales: *percepción del riesgo, proliferación protección física, residuos.***